

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164504

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21 027  
G03F 7 23  
G03F 9 00

(21)Application number : 10-339789

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.11.1998

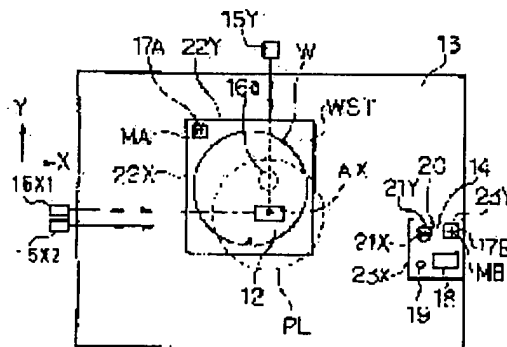
(72)Inventor : TANIGUCHI TETSUO  
KAMIYA SABURO

## (54) STAGE DEVICE AND ALIGNER AND POSITIONING METHOD USING THE STAGE DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make the movable range of a stage larger than the measurable range of an interferometer for measuring the position of the stage, and to accurately measure the position of the stage.

**SOLUTION:** A wafer stage WST is moved from a position, where mobile mirrors 22X and 22Y on the side faces are not irradiated with laser beams from laser interferometers 15X1, 15X2, and 15Y, and when the wafer stage WST enters the measurable range of the laser interferometers 15X1, 15X2, and 15Y, the position of a reference mark MA is measured by a wafer alignment sensor, and the measured values of the laser interferometers 15X1, 15x2, and 15Y are corrected based on the measured result. Also, when a stage 14 for measurement enters the measurable range of the laser interferometers 15X1, 15X2, and 15Y, the position of the reference mark MB is measured by the wafer alignment sensor, and the measured values of the laser interferometers 15X1, 15X2, and 15Y are corrected, based on the measured result.



## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1 Are a stage device characterized by comprising the following, and each of two or more of said movable stages is received, A stage device having the 2nd system of measurement that measures the degree of agreement to the amount of position gaps from a predetermined reference position in said measuring range of this movable stage, or said reference position, and amending a measurement value of said 1st system of measurement based on a measuring result of said 2nd system of measurement.

Two or more movable stages arranged mutually-independent along a predetermined moving face enabling free movement.

The 1st system of measurement that is in a predetermined measuring range and measures a position of one movable stage in said two or more movable stages.

[Claim 2 A stage device provided with the 1st system of measurement that is in the 1st predetermined measuring range and measures a position of two or more movable stages arranged mutually-independent along a predetermined moving face characterized by comprising the following enabling free movement, and one movable stage in said two or more movable stages.

The 2nd system of measurement that is in the 2nd measuring range that overlaps with said 1st measuring range selectively, and measures a position continuously to each of two or more of said movable stages.

A control system which amends a measuring result of this 2 \*\* system of measurement based on a measuring result of said 1st and 2nd systems of measurement.

[Claim 3 A stage device, wherein it is the stage device according to claim 2, said 1st system of measurement is an interferometer and said 2nd system of measurement is two or more

interferometers which have a measuring range which overlaps selectively one by one.

[Claim 4 They are claims 1 and 2 or the exposure device provided with a stage device given in three, An exposure device transferring on a substrate laying a mask in which a mutually different pattern was formed in said two or more movable stages of said stage device, and positioning a pattern of a mask on said two or more movable stages by turns.

[Claim 5 They are claims 1 and 2 or the exposure device provided with a stage device given in three, An exposure device laying a mask on the 1st of two or more of said movable stages of said stage device movable stage, laying a characteristic measuring device for measuring the characteristic at the time of transferring a pattern of said mask on the 2nd movable stage, and transferring a pattern of said mask on a substrate.

[Claim 6 Being claims 1 and 2 or the exposure device provided with a stage device given in three, laying a substrate on said two or more movable stages of said stage device, respectively, and positioning said two or more movable stages to an exposure position by turns. An exposure device exposing a predetermined mask pattern by turns on said two or more substrates.

[Claim 7 Are an exposure device characterized by comprising the following, and a substrate is laid on the 1st [ of two or more of said movable stages of said stage device movable stage, An exposure device laying a characteristic measuring device for measuring the imaging characteristic of said projection optical system on the 2nd movable stage, and exposing a predetermined mask pattern via said projection optical system on a substrate on said 1st movable stage.

Claims 1 and 2 or a stage device given in three.

A projection optical system.

[Claim 8 When it is a positioning method using the stage device according to claim 1 and one movable stage in said two or more movable stages enters in a measuring range of said 1st system of measurement, A positioning method using a stage device measuring the degree of agreement to the amount of position gaps from a predetermined reference position in said measuring range of this movable stage, or said reference position according to said 2nd system of measurement, and amending a measurement value of said 1st system of measurement based on this measuring result.

[Claim 9 They are claim 2 or a positioning method using a stage device given in three, When one movable stage in said two or more movable stages enters in said 1st measuring range from said 2nd measuring range side, A positioning method using a stage device measuring a position of said movable stage simultaneously and doubling a measuring result of said 1st system of measurement with a measuring result of said 2nd system of measurement based on this measuring result according to said 1st and 2nd systems of measurement.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention

[0001]

[Field of the Invention A stage device for this invention to position a machining object etc., for example, And it is used for the exposure device which was provided with the stage device and provided with various mechanisms, such as especially imaging characteristic measuring structure, about the exposure device used when transferring a mask pattern on a substrate by the lithography process for manufacturing a semiconductor device, a liquid crystal display element, or a thin film magnetic head, and is suitable.

[0002]

[Description of the Prior Art High exposure precision is demanded of the one-shot exposure type (stepper type) used when manufacturing a semiconductor device etc., or scanning exposure type exposure devices (step and scanning method etc.). Therefore, in the exposure device, the moving mirror is being conventionally fixed to the side by the reticle stage which lays and positions the reticle as a mask, or the wafer stage which lays the wafer as a substrate and carries out two-dimensional movement, respectively.

By irradiating that moving mirror with a measuring beam from interferometers, such as a laser interferometer, the movement magnitude of the stage concerned is always measured continuously, and a stage can be positioned now with high precision based on this measured value.

In such a stage device, the interferometer of three axes has usually realized displacement measurement of 3 flexibility called the movement component of the direction of two dimensions of a movable stage, and a rotation component.

[0003]However, in such a conventional stage device. Since the measurement beam from each interferometer always needs to be irradiated by the moving mirror, respectively in all the fields of the maximum moving range (movable range) of a movable stage, a moving mirror, Even if

the movable stage moved, the size needed to be made larger than a movable range so that it might continue reflecting the measurement beam from each interferometer.

[0004]for this reason -- a large-sized moving mirror being needed and following on it, if it is going to extend the movable range of a movable stage -- the shape of the whole stage -- large -- not becoming -- the problem that it becomes difficult not to obtain, therefore for a stage to become heavy and to make it move at high speed arises. A great technical difficulty follows on processing a large-sized moving mirror with predetermined flatness, and fixing to the side of a movable stage, without making a still bigger moving mirror produce bending also has great difficulty technically. However, since the fall of the flatness of a moving mirror leads to the fall of the positioning accuracy of the stage by an interferometer directly, the problem that the movable range of a movable stage must be restricted eventually has produced it.

[0005]As a stage device for solving such a problem, there are some which are indicated by JP,7-253304,A, for example. This indicated stage device by installing more numbers than the number of the flexibility of displacement of a movable stage (for example, it is considered as 3 flexibility) of interferometers (for example, four axes), Even if the measurement beam from the interferometer of 1 separates from the time base range of a moving mirror, it can be made to perform measurement for the flexibility of movement of the stage concerned with the remaining interferometers. And by setting up the measured value in the remaining interferometers as an initial value of the interferometer of 1, if a moving mirror enters again in the time base range of the interferometer of 1 which separated from the moving mirror, As the movement magnitude of a movable stage can be measured with the interferometer of 1, the size of the moving mirror is made smaller than the movable range of a movable stage.

[0006]Since it is necessary to expose where the high imaging characteristic which is an always proper light exposure is maintained in these exposure devices, The reticle stage which positions reticle, or the wafer stage which performs positioning of a wafer is equipped with the metering device for measuring imaging characteristics, such as states, such as illumination of exposing light, and projecting magnification. For example, there are a space image detection system for measuring the dose monitor for measuring the incidence energy of the exposing light to a projection optical system as a metering device with which the wafer stage is equipped, a position, contrast of a projection image, etc., etc. There is an orientation plate with which the index mark used for imaging characteristic measurement of a projection optical system, for example was formed on the other hand as a metering device which it has on the reticle stage.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention Rationalization of the light exposure was attained using the metering device formed in the reticle stage or the wafer stage in the conventional exposure device like the above, and the high imaging characteristic was maintained. On the

other hand, it is also required that the throughput (productivity) of the exposure process at the time of manufacturing a semiconductor device etc. should be raised to the latest exposure device. As a method for raising a throughput, driving speed of a stage other than the method to which the exposure energy per unit time is made to increase is enlarged, with a one-shot exposure type, stage stepping time is shortened and there is the method of shortening stage stepping time and scanning exposure time with a scanning exposure type.

[0008]Thus, in order to raise the driving speed of a stage, when a stage system is the same size, in order for what is necessary to be just to use the drive motor of a larger output and to raise driving speed with the drive motor of the conversely same output as the former, it is necessary to miniaturize and to carry out the weight saving of the stage system. However, if the drive motor of a larger output is used like the former, the quantity of heat generated from the drive motor will increase. The quantity of heat which increases in this way produces delicate heat modification of a stage system, and has a possibility that the high positioning accuracy demanded with the exposure device may no longer be acquired. Then, in order to prevent degradation of positioning accuracy and to improve driving speed, a miniaturization and carrying out a weight saving are expected a stage system as much as possible like the latter.

[0009]In particular, in a scanning exposure type exposure device, scanning exposure time is also shortened by improvement in driving speed, and a throughput is greatly improved, and there is a big advantage that the synchronous accuracy of reticle and a wafer also improves and image formation performance and superposition accuracy also improve by the miniaturization of a stage system. However, when the reticle stage or the wafer stage is equipped with various metering devices like before, it is difficult to miniaturize a stage.

[0010]When the reticle stage or the wafer stage is equipped with the metering device for measuring the state of exposing light, or an imaging characteristic, the heat source of amplifier etc. is usually attached to the metering device, and the temperature of the metering device rises gradually by the exposure of exposing light during measurement. As a result, a reticle stage or a wafer stage carries out heat modification delicately, and there is also a possibility that positioning accuracy, superposition accuracy, etc. may deteriorate. Under the present circumstances, although degradation of the positioning accuracy by the rise in heat of a metering device, etc. is slight, it is expected that the necessity of inhibiting the influence of the rise in heat of a metering device increases as circuit patterns, such as a semiconductor device, will carry out minuteness making further from now on.

[0011]Although the length of a moving mirror can be made small compared with the movable range of a movable stage by using the stage device indicated by above-mentioned JP,7-253304,A about this, it can seldom contribute to the miniaturization of the movable stage itself even in this case. Therefore, another device is required in order to aim at mitigation of the

influence of the improvement in the throughput of an exposure process, and the exposure heat of exposing light.

[0012]In the exposure device, especially the projection aligner, raising resolution, the depth of focus (DOF:Depth of Forcus), line width control precision, etc. other than the improvement in a throughput is also called for. Here, if an exposure wavelength is set to  $\lambda$  and the numerical aperture of a projection optical system is made into N.A., the resolution R is proportional to  $\lambda/\text{N.A.}$ , and depth-of-focus DOF is proportional to  $\lambda (\text{N.A.})^2$ . For this reason, if the exposure wavelength  $\lambda$  is only made small and numerical aperture N.A. is enlarged in order to raise the resolution R (the value of R is made small), depth-of-focus DOF will become small too much.

[0013]In order to manufacture a device about this, it is necessary to form on a wafer the pattern in which cyclic patterns like a line and space (last shipment) pattern, an isolated pattern like a contact hole (CH) pattern, etc. combined. And the art of raising resolution is developed, without narrowing the depth of focus by what is called a deformation illumination method about these days, for example, cyclic patterns, as indicated by JP,4-225514,A. The phase shift reticle method is also developed. Similarly, the art of raising the depth of focus etc. substantially by the method of controlling the coherence factor of the illumination light, for example is developed also about the isolated pattern.

[0014]Such technology trends are made into a background, and the double exposure method is improved as a method of raising resolution, without making the depth of focus shallow too much substantially. That is, if a double exposure method is applied, the depth of focus large as a whole and high resolution will be obtained by dividing the reticle pattern for some layers into two or more reticle patterns according to a kind, and exposing each in piles by the optimal lighting conditions and an exposing condition. These days, the trial in which the pattern of the device which applies this double exposure method for a KrF excimer laser and also an ArF excimer laser to the projection aligner used as exposing light, for example, contains the last shipment pattern whose line width is up to 0.1 micrometer will be exposed is also examined.

[0015]However, since it is necessary to repeat processes, such as alignment and exposure, serially and to perform them if it is going to apply this double exposure method to a projection aligner with one set of a wafer stage, there is inconvenience that a throughput deteriorates substantially. Then, in order to raise a throughput, two or more wafer stages are provided and the projection aligner which enabled it to perform alignment and exposure in parallel is also proposed. However, if the position of the movable stage of each wafer stage shall only be measured with an interferometer when providing two or more sets of wafer stages in this way, When each movable stage moved greatly, in order that the measuring beam of an interferometer might break off, when positioning each movable stage to an exposure position by turns, there was inconvenience that it was difficult to position each movable stage in the



state of having reproducibility promptly.

[0016]In the stage device which has two or more functions, this invention miniaturizes a flexible region in the state where two or more of those functions can be performed, in view of this point, and can move the flexible region at high speed, and. It sets it as the 1st purpose to provide the stage device which can measure the position of the flexible region with high precision in the state of having reproducibility. In order to perform double exposure etc., this invention sets it as the 2nd purpose to provide the stage device which can be promptly positioned in the state of having reproducibility in a target position flexible region each respectively, when two or more flexible regions are provided.

[0017]This invention is in the state which maintained the function which measures the characteristic at the time of having such a stage device and transferring the pattern of reticle, or the imaging characteristic of a projection optical system, and sets it as the 3rd purpose to provide the exposure device which can miniaturize the flexible region for positioning reticle or a wafer. This invention is provided with such a stage device, and sets it as the 4th purpose to provide the exposure device which can enforce a double exposure method etc. by a high throughput.

[0018]An object of this invention is also to provide the positioning method which can position promptly using such a stage device.

[0019]

[Means for Solving the Problem Two or more movable stages (WST, 14) where the 1st stage device by this invention has been arranged mutually-independent along a predetermined moving face enabling free movement, Are the stage device provided with the 1st system of measurement (15X1, 15X2, 15Y) that is in a predetermined measuring range and measures a position of one movable stage in two or more of the movable stages, and each of two or more of the movable stages is received, It has the 2nd system of measurement (16, 17A, 17B) that measures the degree of agreement to the amount of position gaps from a predetermined reference position in that measuring range of this movable stage, or its reference position, and a measurement value of that 1st system of measurement is amended based on a measuring result of that 2nd system of measurement.

[0020]According to the 1st stage device of this this invention, when performing two or more functions, such as exposure and characteristic measurement, for example, a movable stage is assigned for every (two or more function groups of every or ) function, and two or more movable stages (flexible region) are provided. By this, since it can miniaturize, each movable stage can be driven at a high speed, respectively. However, in order that a measuring beam of a laser interferometer may break off if each movable stage moves greatly when two or more movable stages are only provided and a laser interferometer of a relative displacement system of measurement, for example, one axis, is formed as the 1st system of measurement, a certain

starting point setting-operation is needed. So, in this invention, the 2nd system of measurement (16, 17A, 17B) was established as a kind of absolute value system of measurement.

[0021]And one movable stage (WST) in two or more of the movable stages, When it enters in the measuring range from the exterior of a measuring range of the 1st system of measurement, By measuring the amount of position gaps from a predetermined reference position in that measuring range of that movable stage according to that 2nd system of measurement (absolute value system of measurement), for example, presetting this amount of position gaps at a measurement value of that 1st system of measurement. A measurement value of the 1st system of measurement comes to show a position of the movable stage correctly in a form where it has reproducibility. Or what is necessary is to reset a measurement value of the 1st system of measurement, or just to preset to a predetermined value, when the 2nd system of measurement measures the degree of agreement (for example, the degree of agreement of two random patterns) and the degree of agreement becomes more than a predetermined level. Each movable stage is positioned with high precision in the state of having reproducibility promptly by this.

[0022]Next, two or more movable stages (WST1, WST2) where the 2nd stage device by this invention has been arranged mutually-independent along a predetermined moving face enabling free movement, Are the stage device provided with the 1st system of measurement (87Y3) that is in the 1st predetermined measuring range and measures a position of one movable stage in two or more of the movable stages, and each of two or more of the movable stages is received, The 2nd system of measurement (87Y2, 87Y4) that is in the 2nd measuring range that overlaps with that 1st measuring range selectively, and measures a position continuously, and a control system (38) which amends a measuring result of these two systems of measurement based on a measuring result of those 1st and 2nd systems of measurement are established.

[0023]According to the 2nd stage device of this this invention, in order to perform double exposure, for example, two or more movable stages (WST1, WST2) are provided. As a result, since it will separate from a measuring beam of that laser interferometer as that 1st system of measurement when each movable stage is moved greatly if a laser interferometer of one axis as a relative displacement system of measurement is used, for example, How each movable stage is positioned in a form where it has reproducibility poses a problem. On the other hand, in this invention, a laser interferometer of one axis (or plural shafts) as for example, a relative displacement system of measurement is used also as the 1st system of measurement. And when one movable stage in two or more of the movable stages enters in the 2nd measuring range, for example from the 1st measuring range side. Measured value of the 1st system of measurement is received and passed to the 2nd system of measurement by measuring a

position of the movable stage simultaneously according to the 1st system of measurement and 2nd system of measurement, and presetting a value which amended a measurement value of the 1st system of measurement according to an angle of rotation of the movable stage at a measurement value of the 2nd system of measurement. After this, the movable stage can be positioned with high precision in the state of having reproducibility, using the 2nd system of measurement.

[0024]In this case, the order of interference (integer)  $N_1$ ,  $N_2$ , the phase (rad)  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  (this is equivalent to phase contrast of a reference signal and a measurement signal by a heterodyne-interferometry method), that 1st system of measurement and the 2nd system of measurement, respectively, And it may be made to measure a position of a movable stage using the function  $f$  of the wavelength  $\lambda$  of a measuring beam ( $\lambda$ ) in a form of  $f(\lambda) \{N_1 \phi_1 (2\pi)\}$  and  $f(\lambda) \{N_2 \phi_2 (2\pi)\}$ . And when it becomes measurable [ the 2nd system of measurement ] and a position of the movable stage is simultaneously measured according to the 1st system of measurement and 2nd system of measurement. From a measurement value of the 1st system of measurement, and an angle of rotation of the movable stage, order-of-interference  $N_2'$  of the 2nd system of measurement, And phase  $\phi_2'$  is presumed and it is more desirable than degree  $N_2'$ , phase  $\phi_2'$ , and the phase  $\phi_2$  measured by the 2nd system of measurement to determine a preset value of the degree  $N_2$  of the 2nd system of measurement. it is setting a measurement value of that 2nd system of measurement to  $f(\lambda) \{N_2 \phi_2 (2\pi)\}$  after this -- a measurement error of an angle of rotation of that movable stage, etc. -- being certain -- even if a grade produces, a position of that movable stage is measurable with peculiar reproducibility of that 2nd system of measurement. The function  $f(\lambda)$  is  $\lambda/m$ , using the two or more integers  $m$  as an example.

[0025]Next, the 1st exposure device by this invention is an exposure device provided with a stage device of this invention, A mask ( $R_1$ ,  $R_2$ ) in which a mutually different pattern was formed in two or more of the movable stages ( $RST_1$ ,  $RST_2$ ) of the stage device is laid, and a pattern of a mask on two or more of the movable stages is transferred on a substrate ( $W_1$ ), positioning by turns.

[0026]According to the 1st exposure device of this this invention, it can expose using a double exposure method and improvement in resolution and the depth of focus can be aimed at. Since it has a stage device of this invention, when measuring a position of the movable stage, for example with a laser interferometer, a moving mirror installed in the movable stage can be made smaller than a moving range of the movable stage, and weight of the movable stage can be made small. Therefore, it becomes easy to move the movable stage at high speed, and improvement in a throughput can be aimed at.

[0027]Next, the 2nd exposure device by this invention is an exposure device provided with a

stage device of this invention, A mask (R) is laid on the 1st of two or more of the movable stages (RST, 5) of the stage device movable stage (RST), A characteristic measuring device (6) for measuring the characteristic at the time of transferring a pattern of the mask is laid on the 2nd movable stage (5), and a pattern of the mask (R) is transferred on a substrate (W).

[0028]Since a size of the 1st movable stage is made to necessary minimum by giving only the minimum function required for exposure to the 1st movable stage (RST) used for original exposure according to the 2nd exposure device of this this invention, a miniaturization of a stage and a weight saving are performed and improvement in a throughput is aimed at -- things can be carried out. On the other hand, there is no necessity in exposure directly, and since a characteristic measuring device (6) for measuring the characteristic at the time of transferring a pattern of the mask (R) is carried in 2nd another movable stage (5), it can also measure the characteristic at the time of transferring a pattern of the mask. Since it has a stage device of this invention, a position of two or more of the movable stages is measurable with high precision.

[0029]Next, the 3rd exposure device by this invention is an exposure device provided with a stage device of this invention, A predetermined mask pattern is exposed by turns on two or more of the substrates, laying a substrate (W1, W2), respectively on two or more of the movable stages (WST1, WST2) of the stage device, and positioning two or more of the movable stages to an exposure position by turns.

[0030]According to the 3rd exposure device of this this invention, performing exposure operation in one movable stage (WST1) of two or more of the movable stages (WST1, WST2). In another movable stage (WST2), carrying in out and alignment operation of a substrate can be performed, and improvement in a throughput can be aimed at. Since it has a stage device of this invention, a position of two or more of the movable stages is measurable with high precision.

[0031]Next, the 4th exposure device by this invention is a stage device of this invention, and an exposure device provided with a projection optical system (PL), A substrate (W) is laid on the 1st [ of two or more of the movable stages (WST, 14) of the stage device movable stage (WST), A characteristic measuring device (20) for measuring the imaging characteristic of the projection optical system is laid on the 2nd movable stage (14), and a predetermined mask pattern is exposed via the projection optical system on a substrate on the 1st movable stage.

[0032]According to the 4th exposure device of this this invention, by giving only the minimum function required for exposure to the 1st movable stage (WST) used for original exposure, a miniaturization of the 1st movable stage (WST) and a weight saving can be performed, and improvement in a throughput can be aimed at. On the other hand, there is no necessity in exposure directly, and since a characteristic measuring device (20) for measuring the imaging characteristic of the projection optical system is carried in 2nd another movable stage (14), it

can also measure an imaging characteristic. Since it has a stage device of this invention, a position of two or more of the movable stages is measurable with high precision.

[0033]Next, the 1st positioning method by this invention is a positioning method which used a stage device of this invention, When one movable stage (WST) in two or more of the movable stages (WST, 14) enters in a measuring range of the 1st system of measurement, The degree of agreement to the amount of position gaps from a predetermined reference position in that measuring range of this movable stage or its reference position is measured according to that 2nd system of measurement, and a measurement value of that 1st system of measurement is amended based on this measuring result. According to this positioning method, two or more of the movable stages can be positioned with high precision in the state of having reproducibility easily, respectively.

[0034]Next, the 2nd positioning method by this invention is a positioning method which used a stage device of this invention, When one movable stage in two or more of the movable stages (WST1, WST2) enters in the 1st measuring range from the 2nd measuring range side, According to those 1st and 2nd systems of measurement, a position of that movable stage is measured simultaneously and a measuring result of that 1st system of measurement is doubled with a measuring result of that 2nd system of measurement based on this measuring result. According to this positioning method, two or more of the movable stages can be positioned with high precision in the state of having reproducibility easily, respectively.

[0035]

[Embodiment of the Invention Hereafter, with reference to drawing 1 - drawing 4, it explains per 1st embodiment of this invention. This example applies this invention to the projection aligner of a step and scanning method. Drawing 1 shows the projection aligner of this example, and in this drawing 1 at the time of exposure. Exposing light IL ejected from the illumination system 1 including an exposure light source, a beam shaping optical system, the fly eye lens for illuminance distribution equalization, a light volume monitor, a variable aperture diaphragm, a field diaphragm, a relay lens system, etc., The slit shape illuminated field of the pattern surface side (undersurface) of the reticle R is illuminated via the mirror 2 and the condensing lens 3. As an exposing light IL, excimer laser beams, such as KrF (wavelength of 248 nm) or ArF (wavelength of 193 nm), the harmonics of an YAG laser, or i line (wavelength of 365 nm) of a mercury lamp can be used. By switching the variable aperture diaphragm within the illumination system 1, it is constituted so that the lighting of the request of the usual lighting, zona-orbicularis lighting, what is called deformation illumination, the lighting of a small coherence factor (sigma value), etc. can be chosen. When an exposure light source is a laser light source, the main control system 10 which carries out control control of the operation of the whole device controls the light-emitting timing via an unillustrated laser power source.

[0036]It is reduced via projection optical system PL with the projecting magnification beta (beta

is 1/4 time or 1/5 time), and the image of the pattern in the illuminated field 9 (refer to drawing 3) by the exposing light IL of the reticle R is projected on the slit shape exposure region 12 on wafer (wafer)W to which photoresist was applied. The non-scanning direction which takes the Z-axis in parallel with the optic axis AX of projection optical system PL hereafter, and intersects perpendicularly with the reticle R at the time of scanning exposure, and the scanning direction of the wafer W in a flat surface vertical to the Z-axis. The X-axis is taken in accordance with (namely, a direction vertical to the space of drawing 1), and a Y-axis is taken and explained along a scanning direction (namely, direction parallel to the space of drawing 1).

[0037]First, the reticle R is held by vacuum absorption on the reticle stage RST, and the reticle stage RST is laid via the air bearing on the guide 4A of two arranged in parallel, and 4B, enabling free movement in the direction of Y. In this example, the stage 5 for measurement is laid via the air bearing on the guide 4A and 4B independently the reticle stage RST, enabling free movement in the direction of Y.

[0038]In drawing 3 is a top view showing the reticle stage RST and the stage 5 for measurement, and ] this drawing 3, Along with the guides 4A and 4B extended in the direction (scanning direction) of Y, the reticle stage RST and the stage 5 for measurement are laid so that it may drive in the direction of Y with an unillustrated linear motor etc., respectively. The length of the guides 4A and 4B is set up for a long time by the width of the stage 5 for measurement at least rather than the moving stroke of the reticle stage RST at the time of scanning exposure. The reticle stage RST is constituted combining the coarse adjustment stage which moves in the direction of Y, and the jogging stage which can tune a two-dimensional position finely on this coarse adjustment stage. On the reticle mark stage RST, one pair of reference mark boards 17C1 and 17C2 are fixed by physical relationship which sandwiches the reticle R in the direction of X, and two-dimensions, for example, cross joint, type reference mark MC1 and MC2 are formed the reference mark board 17C1 and 17C2, respectively. The physical relationship of reference mark MC1, MC2, and the original plate pattern of the reticle R is measured with high precision beforehand, and is memorized by the storage parts store of the main control system 10.

[0039]And the orientation plate 6 which consists of a long and slender glass plate in the direction of X is fixed on the stage 5 for measurement, and two or more index mark IM for imaging characteristic measurement of projection optical system PL is formed by prescribed arrangement on the orientation plate 6. the slit shape illuminated field 9 of exposing light as opposed to the reticle R in the orientation plate 6 ] -- more -- exact -- the width of the direction of X of the view by the side of the reticle R of projection optical system PL -- a wrap -- things are provided with all possible sizes. By using the orientation plate 6, since it becomes do not need to prepare the exclusive reticle for imaging characteristic measurement, and unnecessary [ the swap time of the reticle R for real exposure, and its exclusive reticle, an

imaging characteristic can be measured in high frequency and aging of projection optical system PL can be followed correctly. The stage 5 for measurement is also equipped with the positioning mechanism in the minute range over the direction (non-measurement direction) of X, and. On the stage 5 for measurement, one pair of reference mark boards 17D1 and 17D2 are fixed so that the orientation plate 6 may be inserted in the direction of X, and two-dimensions, for example, cross joint, type reference mark MD1 and MD2 are formed the reference mark board 17D1 and 17D2, respectively. The physical relationship of reference mark MD1, MD2, and two or more index mark IM is also measured correctly beforehand, and is memorized by the storage parts store of the main control system 10.

[0040] Thus, in this example, the stage 5 for measurement for orientation plate 6 is formed independently, and the member for measurement is not carried besides the reticle R on the original reticle stage RST. That is, since the reticle stage RST should be provided only with a necessary minimum scan and a positioning function for scanning exposure, the miniaturization of the reticle stage RST and the weight saving are realized. Therefore, since the reticle stage RST can be scanned more at a high speed, the throughput of an exposure process improves. In reduction projection, since especially the scan speed of the reticle stage RST becomes twice  $[1/\beta]$  (for example, 4 times, 5 times, etc.) a scan speed of a wafer stage, the maximum of a scan speed may be determined mostly in a reticle stage, and its throughput improves greatly especially by this example in this case.

[0041] A laser beam is irradiated by the moving mirror 24Y of the side of the direction of Y of the reticle stage RST from the laser interferometer 7Y installed in the direction of Y to the guides 4A and 4B, A laser beam is irradiated by the moving mirror 24X of the side of the direction of +X of the reticle stage RST from the biaxial laser interferometer 7X1 installed in the direction of X, and 7X2, The X coordinate of the reticle stage RST, a Y coordinate, and an angle of rotation are measured by the laser interferometer 7Y, 7X1, and 7X2, a measurement value is supplied to the main control system 10 of drawing 1, and the main control system 10 controls the speed and the position of the reticle stage RST by them via a linear motor etc. based on the measurement value. A laser beam is irradiated by the moving mirror 25Y of the side of the direction of -Y of the stage 5 for measurement from the laser interferometer 8Y installed in the direction of -Y to the guides 4A and 4B, and the Y coordinate of the stage 5 for measurement measured by the laser interferometer 8Y is supplied to the main control system 10. The optic axis of the laser interferometers 7Y and 8Y of a Y-axis has passed the center AX of the illuminated field 9, i.e., the optic axis of projection optical system PL, in accordance with the direction of Y, respectively, and the laser interferometers 7Y and 8Y are always measuring the position of the scanning direction of the reticle stage RST and the stage 5 for measurement, respectively.

[0042] Mirror surface finish of the side in which the reticle stage RST intersects perpendicularly

is carried out, and it may consider that these mirror planes are the moving mirrors 24X and 24Y, and mirror surface finish of the side in which the stage 5 for measurement intersects perpendicularly is carried out, and it may be considered that these mirror planes are the moving mirrors 25X and 25Y. The alignment mark (reticle mark) formed above the reticle R on the reticle R as this example showed to drawing 1, One pair of reticle alignment microscopes RA and RB for detecting the amount of position gaps with the reference mark (un-illustrating) on a corresponding wafer stage are arranged. The straight line passing through the detecting center of reticle alignment microscope RA and RB is parallel to the X-axis, and the center of those detecting centers has agreed in the optic axis AX. In this example, the position of reference mark MC1 on the reticle stage RST shown in drawing 3, MC2 and reference mark MD1 on the stage 5 for measurement, and MD2 is detected using reticle alignment microscope RA corresponding to the 2nd system of measurement (absolute value system of measurement) of this invention, and RB.

[0043]And if the stage 5 for measurement is moved in the direction of Y so that the reticle stage RST may be made to shunt in the direction of +Y and the orientation plate 6 may cover the illuminated field 9 mostly at the time of measurement of an imaging characteristic, The laser interferometer 7X1 and the laser beam from 7X2 separate from the side of the reticle stage RST, and come to be irradiated by the moving mirror 25X of the direction of X of the stage 5 for measurement. At this time, reticle alignment microscope RA and RB detect the amount of position gaps from the detecting center (the center of a view) of reference mark MD1 on the orientation plate 6, and MD2, respectively, The main control system 10 of drawing 1 positions the stage 5 for measurement so that the amount of position gaps may become small symmetrically and most to the detecting center where the center of reference mark MD1 and MD2 corresponds, respectively. And the laser interferometer 7X1 of the X-axis and the measurement value of 7X2 are reset in this state, respectively. Those measurement values may be preset to a predetermined value.

[0044]After this, it is measured with high precision in the laser interferometer 7X1 and the state where the position of the direction of X of the stage 5 for measurement and an angle of rotation have reproducibility by 7X2, and the position of the direction of Y of the stage 5 for measurement is always measured by high degree of accuracy with the laser interferometer 8Y. Therefore, based on these measurement values, the main control system 10 can control the position of the stage 5 for measurement with high precision via a linear motor etc. It may be made to preset the laser interferometer 7X1 and the measurement value of 7X2 to a value corresponding, respectively based on those amounts of position gaps instead of making the amount of position gaps of reference mark MD1 and MD2 into the minimum as mentioned above.

[0045]On the other hand, although the position of the non-scanning direction of the reticle



stage RST is not measured during measurement, if the reticle stage RST reaches under the illuminated field 9 for exposure, the laser interferometer 7X1 and the laser beam from 7X2 will come to be again irradiated by the moving mirror 24X of the reticle stage RST. And the amount of position gaps of reference mark MC1 on the reticle stage RST and MC2 is detected like the case of the stage 5 for measurement using reticle alignment microscope RA and RB, The main control system 10 is in the state which positioned the reticle stage RST so that those amounts of position gaps may become symmetrically and the smallest, and it presets the laser interferometer 7X1 and the measurement value of 7X2 to a predetermined value. The position of the direction of X of the reticle stage RST and measurement of an angle of rotation are performed in the state where it is reproducible after this, and since the position of the direction of Y is always measured by the laser interferometer 7Y, it can position the reticle stage RST in a desired position with high precision. Therefore, there is no inconvenience of the laser interferometer 7X1 and the laser beam from 7X2 breaking off.

[0046]It returns to drawing 1, the wafer W is held on the wafer stage WST via an unillustrated wafer holder, and the wafer stage WST is laid via the air bearing on the surface plate 13, enabling free movement in the direction of X, and the direction of Y. The position (focusing position) of the Z direction of the wafer W and the focal leveling mechanism which controls an angle of inclination are also included in the wafer stage WST. The stage 14 for measurement provided with various kinds of metering devices in the direction of X and the direction of Y via the air bearing by the different body enabling free movement is laid in the wafer stage WST on the surface plate 13. The mechanism which controls the focusing position of the upper surface is built also into the stage 14 for measurement.

[0047]In drawing 2 is a top view showing the wafer stage WST and the stage 14 for measurement, and ] this drawing 2, To the inside of the surface of the surface plate 13, a coil row is embedded in predetermined arrangement, On the bottom of the wafer stage WST, and the bottom of the stage 14 for measurement, a magnet row is embedded with a yoke, respectively, A planar motor is constituted, respectively, the direction of X of the wafer stage WST and the stage 14 for measurement and the direction of Y are located with this planar motor, and the angle of rotation is controlled by that coil row and a corresponding magnet row mutually-independent. About the planar motor, it is indicated more by details, for example in JP,8-51756,A.

[0048]The wafer stage WST of this example is provided only with the minimum function required for exposure. Namely, the wafer stage WST is provided with a focal leveling machine, and on the wafer stage WST, The wafer holder (bottom side of the wafer W) which carries out adsorption maintenance of the wafer W, and the reference mark board 17A with which reference mark MA for position measurement of the wafer stage WST was formed are installed. On the reference mark board 17A, the reference mark for reticle alignment (un-

illustrating) is also formed.

[0049]As shown in drawing 1, the wafer alignment sensor 16 of the image processing method is adjoined and formed in projection optical system PL by the off-axis method for alignment of the wafer W, and the detecting signal of the wafer alignment sensor 16 is supplied to the alignment process system within the main control system 10. The wafer alignment sensor 16 is a sensor for position measurement of the alignment mark (wafer mark) attached to each shot region on the wafer W. In this example, detecting positions, such as reference mark MA on the wafer stage WST, are performed using the wafer alignment sensor 16. That is, the wafer alignment sensor 16 supports the 2nd system of measurement (absolute value system of measurement) of this invention.

[0050]The surface of the stage 14 for measurement is set as the almost same height as the surface of the wafer W on the wafer stage WST. And in drawing 2 on the stage 14 for measurement. Projection optical system PL. The energy per all unit time of the exposing light which passed. (Incidence energy). The illumination unevenness sensor 19 which consists of a photoelectric sensor for measuring the illuminance distribution in the slit shape exposure region 12 by the dose monitor 18 and projection optical system PL which consist of a photoelectric sensor for measuring, the measuring plate 20 with which the slits 21X and 21Y for imaging characteristic measurement were formed, And the reference mark board 17B with which the reference mark MB used as a datum reference was formed is being fixed. The physical relationship of the reference mark MB and illumination unevenness sensor 19 grade is measured with high precision beforehand, and is memorized by the storage parts store of the main control system 10 of drawing 1. The position of the reference mark MB is also measured by the wafer alignment sensor 16.

[0051]A condenser and a photoelectric sensor are arranged at the bottom side of the slit 21X of the X-axis of the measuring plate 20, and the slit 21Y of a Y-axis, respectively, and the space image detection system comprises the measuring plate 20, a photoelectric sensor, etc. The edge of a rectangular opening may be used instead of the slits 21X and 21Y. And the acceptance surface of the dose monitor 18 is formed in a wrap size in the exposure region 12, and the light sensing portion of the illumination unevenness sensor 19 has become pinhole-like, and the detecting signal of the dose monitor 18 and the illumination unevenness sensor 19 is supplied to the main control system 10 of drawing 1.

[0052]The detecting signal of the photoelectric sensor of the pars basilaris ossis occipitalis of the measuring plate 20 is supplied to the imaging characteristic arithmetic system 11 of drawing 1. In this case, at the time of measurement of the imaging characteristic of projection optical system PL. The orientation plate 6 on the stage 5 for measurement by the side of the reticle of drawing 3 is moved to the illuminated field 9, The detecting signal from the photoelectric sensor of a pars basilaris ossis occipitalis is incorporated by the imaging

characteristic arithmetic system 11, the image of index mark IM currently formed in the orientation plate 6 being projected on the wafer stage side, and scanning the image in the direction of X, and the direction of Y to the slits 21X and 21Y on the measuring plate 20, respectively. In the imaging characteristic arithmetic system 11, that detecting signal is processed, the position of the image of that index mark IM, contrast, etc. are detected, and it outputs to the main control system 10 in quest of the imaging characteristic of the curvature of field of a projection image, distortion, best focus positions, etc. from this detection result. Although not illustrated, the mechanism which drives the predetermined lens in projection optical system PL, and amends imaging characteristics, such as predetermined distortion, is also formed, and the main control system 10 is constituted so that the imaging characteristic of projection optical system PL can be amended via this correcting mechanism.

[0053]In drawing 2, the heating source of amplifier etc. and the power supply, and the signal cable for communication are connected to the dose monitor 18 with which the stage 14 for measurement is equipped, the illumination unevenness sensor 19, and sensors, such as a photoelectric sensor of the pars basilaris ossis occipitalis of the measuring plate 20, by each. Therefore, when those sensors are carried in the wafer stage WST for exposure, there is a possibility that positioning accuracy etc. may deteriorate with the tension of the heat source which accompanies a sensor, or a signal cable. The thermal energy by the exposure of the exposing light under measurement of an imaging characteristic etc. also has a possibility of causing aggravation of positioning accuracy, etc. On the other hand, since those sensors are formed in the stage 14 for measurement separated from the wafer stage WST for exposure in this example, it miniaturizes and can carry out the weight saving of the wafer stage WST, and. There is an advantage which can prevent the fall of the positioning accuracy by the thermal energy of the heat source of the sensor for measurement or the exposing light under measurement. By the miniaturization of the wafer stage WST, the movement speed of the wafer stage WST and controllability improve, and the throughput of an exposure process increases, and positioning accuracy etc. improve more.

[0054]A laser beam is irradiated by the moving mirror 22Y of the side of the direction of Y of the wafer stage WST from the laser interferometer 15Y installed in the direction of Y to the surface plate 13, -A laser beam is irradiated by the moving mirror 22X of the side of the direction of -X of the wafer stage WST from the biaxial laser interferometer 15X1 installed in the X directions, and 15X2, The X coordinate of the wafer stage WST, a Y coordinate, and an angle of rotation are measured by the laser interferometer 15Y, 15X1, and 15X2, a measurement value is supplied to the main control system 10 of drawing 1, and the main control system 10 controls the speed and the position of the wafer stage WST by them via a planar motor based on the measurement value. Similarly, the moving mirror 23X of the X-axis and the moving mirror 23Y of the Y-axis are attached also to the side of the stage 14 for

measurement. Mirror surface finish of the side in which the wafer stage WST intersects perpendicularly may be carried out, it may consider that these mirror planes are the moving mirrors 22X and 22Y, and it may be considered similarly that the mirror planes of the side of the stage 14 for measurement are the moving mirrors 23X and 23Y.

[0055]And at the time of measurement of the incidence energy of exposing light, etc., the laser beam for those position measurement is irradiated by the moving mirrors 23X and 23Y of the stage 14 for measurement. Drawing 4 The wafer stage WST at the time of measurement of the incidence energy of exposing light, etc., And if the stage 14 for measurement is moved so that an example of arrangement of the stage 14 for measurement may be shown, the wafer stage WST may be made to shunt in this way in the position which is distant from the exposure region 12 and the exposure region 12 may be started, The laser interferometer 15X1, 15X2, and the laser beam from 15Y separate from the moving mirrors 22X and 22Y of the wafer stage WST, and come to be irradiated by the moving mirrors 23X and 23Y of the stage 14 for measurement. At this time, the reference mark MB on the stage 14 for measurement moves the stage 14 for measurement so that it may enter in the view 16a of the wafer alignment sensor 16 of drawing 1, And where the angle of rotation of the stage 14 for measurement is controlled, the amount of position gaps from the detecting center of the reference mark MB is detected so that the laser interferometer 15X1 of the biaxial X-axis and the measurement value of 15X2 may turn into the same value. And the main control system 10 presets X ingredient and Y ingredient of this amount of position gaps at the laser interferometer 15X1, 15X2, and the measurement value of the laser interferometer 15Y, respectively. After this, the position of the stage 14 for measurement is measured with high precision in the laser interferometer 15X1, 15X2, and the state of having reproducibility by 15Y, and the main control system 10 can control the position of the stage 14 for measurement with high precision via a planar motor based on this measurement value.

[0056]Make the stage 14 for measurement shunt and it is made for the laser interferometer 15X1, 15X2, and the laser beam from 15Y to be irradiated by the moving mirrors 22X and 22Y of the wafer stage WST on the other hand, at the time of exposure, as shown in drawing 2, Move reference mark MA into the view 16a of the wafer alignment sensor 16, and the laser interferometer 15X1 and where the measurement value of 15X2 is coincided, The amount of position gaps of reference mark MA is measured, and the measurement value of the laser interferometer 15X1, 15X2, and 15Y is preset based on this measurement value. Positioning of the wafer stage WST is performed with high precision in the state of having reproducibility after this. Since the position of the wafer stage WST and the stage 14 for measurement is roughly controllable also by driving a planar motor with an open loop, In the state where the laser beam is not irradiated, the main control system 10 drives the position of the wafer stage WST and the stage 14 for measurement with an open loop system using a planar motor.

[0057]Although it returned to drawing 1 and not being illustrated, in the side of projection optical system PL, the focal position detection system (AF sensor) of the oblique incidence method for measuring the focusing position of the surface of the wafer W is arranged, and the surface of the wafer W under scanning exposure focuses to the image surface of projection optical system PL based on this detection result. Next, it explains per operation of the projection aligner of this example. First, the incident light quantity of exposing light IL to projection optical system PL is measured using the stage 14 for measurement by the side of a wafer stage. In this case, in order to measure the incident light quantity in the state where the reticle R was loaded, in drawing 1, the reticle R for exposure is loaded on the reticle stage RST, and the reticle R moves onto the illuminated field of exposing light IL. Then, as shown in drawing 4, on the surface plate 13, it shunts in the direction of +Y and the stage 14 for measurement moves toward the exposure region 12 by projection optical system PL in the wafer stage WST. Then, after presetting the measurement value of the laser interferometer 15X1, 15X2, and 15Y as mentioned above, In the acceptance surface of the dose monitor 18 on the stage 14 for measurement, the stage 14 for measurement stops the exposure region 12 in a wrap position, and the light volume of exposing light IL is measured via the dose monitor 18 in this state.

[0058]In the main control system 10, the measured light volume is supplied to the imaging characteristic arithmetic system 11. In this case, it is supplied to the imaging characteristic arithmetic system 11 by the measurement value produced by detecting the light flux acquired by branching from exposing light IL, for example within the illumination system 1, and in the imaging characteristic arithmetic system 11. Based on two measurement values, the coefficient for calculating indirectly the light volume which enters into projection optical system PL is computed and memorized from the light volume monitored within the illumination system 1. In the meantime, the wafer W is loaded to the wafer stage WST. Then, as shown in drawing 2, the stage 14 for measurement shunts in the position which is distant from the exposure region 12, and the wafer stage WST moves it toward the exposure region 12. Since the laser beam from the laser interferometer 15Y, 15X1, and 15X2 is not irradiated as shown in drawing 4 while the wafer stage WST is shunting, position control is performed by driving a planar motor with an open loop system, for example.

[0059]And make the stage 14 for measurement shunt the exposure region 12, and the wafer stage WST is moved to the position concerning the exposure region 12, After presetting the measurement value of the laser interferometer 15Y, 15X1, and 15X2 as mentioned above, Movement of the wafer stage WST is performed so that the center of the reference mark for the reticles on the reference mark member 17A on the wafer stage WST (un-illustrating) may be located near optic-axis AX (the center of the exposure region 12). Then, so that the amount of position gaps of the reticle mark on the reticle R and the corresponding reference mark on

the reference mark board 17A may come in predetermined tolerance level using reticle alignment microscope RA and RB, Alignment of the reticle R is performed by driving the reticle stage RST of drawing 1. Almost simultaneously with this, the interval (the amount of baselines) of the detecting center of the sensor and the center of the projection image of the reticle R is correctly detected by detecting again the position of another reference mark MA on the reference mark board 17A with the wafer alignment sensor 16 of drawing 1.

[0060]Next, the arrangement coordinates of each shot region of the wafer W are searched for by detecting the position of the wafer mark attached to the predetermined shot region (sample shots) on the wafer W via the wafer alignment sensor 16. Then, scanning exposure is performed, performing alignment of the shot region of the exposure object of the wafer W, and the pattern image of the reticle R based on the arrangement coordinates and the above-mentioned amount of baselines. At the time of the scanning exposure to each shot region on the wafer W. In drawing 1, it synchronizes with the reticle R being scanned by speed VR in the direction (or the direction of -Y) of Y via the reticle stage RST to the illuminated field 9 (refer to drawing 3) of exposing light IL, The wafer W is scanned by speed beta-VR (beta is projecting magnification) in the direction (or the direction of X) of -X via the wafer stage WST to the exposure region 12.

[0061]During exposure, are always measured, and it is supplied to the imaging characteristic arithmetic system 11 by the light volume of the light flux which branched from exposing light IL, for example within the illumination system 1, and in the imaging characteristic arithmetic system 11. The measurement value of the light volume supplied and the light volume of exposing light IL which enters into projection optical system PL based on the coefficient currently calculated beforehand are computed, The variation of the imaging characteristics (projecting magnification, distortion, etc.) of projection optical system PL generated by absorption of exposing light IL is calculated, and this calculation result is supplied to the main control system 10. In the main control system 10, the imaging characteristic is amended by driving the predetermined lens in projection optical system PL, for example.

[0062]Although the above is the ordinary exposure, when measuring a device status by the maintenance of the projection aligner of this example, etc., it measures by moving the stage 14 for measurement to the exposure region 12 side. For example, when measuring the illumination homogeneity in the exposure region 12, after removing the reticle R from the reticle stage RST, illuminance distribution is measured in drawing 4, moving the illumination unevenness sensor 19 slightly in the direction of X, and the direction of Y in the exposure region 12.

[0063]Next, it explains per which measures image formation measurement of projection optical system PL operation using the stage 5 for measurement by the side of a reticle stage, and the stage 14 for measurement by the side of a wafer stage. In this case, in drawing 3, the

reticle stage RST shunts in the direction of +Y, and the orientation plate 6 on the stage 5 for measurement moves into the illuminated field 9 in it. At this time, it comes to be irradiated also with the laser interferometer 7X1 of a non-scanning direction, and the laser beam from 7X2 by the stage 5 for measurement, and reset (or preset) of a measurement value is performed as mentioned above using reticle alignment microscope RA and RB. Then, based on the measurement value of the laser interferometer 7X1, 7X2, and 8Y, the stage 5 for measurement is positioned with high precision.

[0064]At this time, as already explained, the image of two or more index mark IM is projected on the wafer stage side via projection optical system PL. In this state, drive the stage 14 for measurement in drawing 4, and the image of that index mark IM to the slit on the measuring plate 20. The direction of X, The position of those images and contrast are searched for by scanning in the direction of Y and processing the detecting signal of the photoelectric sensor of the pars basilaris ossis occipitalis of the measuring plate 20 by the imaging characteristic arithmetic system 11. The position of those images and contrast are searched for changing the focusing position of the measuring plate 20 the specified quantity every. From these measurement results, the imaging characteristic arithmetic system 11 calculates the amount of change of imaging characteristics, such as best focus positions of the projection image of projection optical system PL, a curvature of field, and distortion (a magnification error is included). This amount of change is supplied to the main control system 10, and when that amount of change exceeds tolerance level, the main control system 10 amends the imaging characteristic of projection optical system PL.

[0065]As mentioned above, in order to detect the position of reference mark MA and MB and to perform presetting of the laser interferometer 15X1, 15X2, and 15Y in the projection aligner of this example based on this position information with the wafer alignment sensor 16, By the laser interferometer 15X1, 15X2, and 15Y, the position of the wafer stage WST or the stage 14 for measurement can be measured with high precision, and can be controlled by high reproducibility. By similarly, reticle alignment microscope RA and RB detecting the position of reference mark MC1, MC2 or MD1, and MD2, and performing the laser interferometer 7X1, reset of 7X2, etc., The position of the reticle stage RST or the stage 5 for measurement can be measured with high precision, and can be controlled by high reproducibility.

[0066]Next, with reference to drawing 5 - drawing 12, it explains per 2nd embodiment of this invention. This example applies this invention to the projection aligner of the step and scanning method exposed with a double exposure method. Drawing 5 shows the outline composition of the projection aligner of this example, and in this drawing 5 the projection aligner of this example, A stage device provided with wafer stage WST1 as two or more movable stages which hold the wafer W1 as an induction substrate, and W2, respectively, and move the base panel 86 in the direction of two dimensions independently, and WST2, The reticle drive

mechanism which drives the reticle R1 as a mask, or R2 (refer to drawing 6) to a predetermined scanning direction in the upper part of projection optical system PL1 arranged above this stage device, and projection optical system PL1, It has the reticle R1, the illumination system which illuminates R2 from the upper part, the control system which controls these each part, etc. The Z-axis is taken in parallel with optic-axis AX of projection optical system PL1 hereafter, in a flat surface vertical to the Z-axis, in parallel with the space of drawing 5, a Y-axis is taken at right angles to the space of drawing 5, and the X-axis is explained. In this example, a direction (the direction of Y) parallel to a Y-axis is a scanning direction.

[0067]First, a stage device is provided with the following.

Surfacing support is carried out via an unillustrated air bearing on the base panel 86, and it is two wafer stage WST1 which can move in the direction of X, and the direction of Y freely independently, and WST2.

These wafer stage WST1, the wafer stage drive system 81W which drives WST2.

Interferometer systems which measure the position of wafer stage WST1 and WST2.

[0068]When this is explained further in full detail, the air pad which is not illustrated on the bottom of wafer stage WST1 and WST2. (For example, the vacuum precompression type air bearing) is provided in two or more places, and where a several micrometers interval is maintained by balance of air \*\*\*\*\* of this air pad, and a vacuum precharge pressure, surfacing support of wafer stage WST1 and WST2 is carried out on the base panel 86.

[0069]Drawing 7 shows the drive mechanism of wafer stage WST1 and WST2, and the two X-axis linear guides 95A and 95B prolonged in the direction of X are formed in parallel on the base panel 86 in this drawing 7. Along with the X-axis linear guides 95A and 95B, 1 set of permanent magnets for linear motors are being fixed, respectively, and the two member turning 93A and 93C and the two member turning 93B and 93D are attached along with these X-axis linear guides 95A and 95B, respectively, enabling free movement. In the base part of these four member turning 93A-93D. The unillustrated drive coil is attached, respectively so that the X-axis linear guide 95A or 95B may be surrounded from the upper part and the side, and by these drive coils and X-axis linear guides 95A, or 95B. The linear motor of the moving coil type which drives each member turning 93A-93D in the direction of X is constituted, respectively. So, in the following explanation, such member turning 93A-93D shall be called an "X-axis linear motor for convenience.

[0070]These inner 2 \*\* X-axis linear motors 93A and 93B are formed in the both ends of the Y-axis linear guide 94A prolonged in the direction of Y, and are being fixed to the both ends of the Y-axis linear guide 94B to which remaining two X-axis linear motors 93C and 93D are also prolonged in the direction of Y. In accordance with the direction of Y, 1 set of drive coils for



linear motors are being fixed to the Y-axis linear guides 94A and 94B, respectively. Therefore, with the X-axis linear motors 93A and 93B, along with the X-axis linear guides 95A and 95B, drive the Y-axis linear guide 94A in the direction of X, and the Y-axis linear guide 94B, Along with the X-axis linear guides 95A and 95B, it drives in the direction of X with the X-axis linear motors 93C and 93D.

[0071]On the other hand, 1 set of permanent magnets which are not illustrated surrounding one Y-axis linear guide 94A from the upper part and the side are provided in the pars basilaris ossis occipitalis of wafer stage WST1, The moving magnet type linear motor which drives wafer stage WST1 in the direction of Y by this permanent magnet and the Y-axis linear guide 94A is constituted. The moving magnet type linear motor which similarly drives wafer stage WST2 in the direction of Y by 1 set of permanent magnets and the Y-axis linear guide 94B which are not illustrated [ which was provided in the pars basilaris ossis occipitalis of wafer stage WST2 is constituted.

[0072]In this example, with namely, the permanent magnet etc. which is not illustrated of the pars basilaris ossis occipitalis of the X-axis linear guides 95A and 95B mentioned above, the X-axis linear motors 93A-93D, the Y-axis linear guides 94A and 94B and wafer stage WST1, and WST2 . The stage system which carries out the two-dimensional drive of wafer stage WST1 and WST2 on an XY plane independently is constituted. These wafer stage WST1 and WST2 are controlled by the stage control apparatus 38 via the stage driving system 81W of drawing 5. Operation of the stage control apparatus 38 is controlled by the main control unit 90.

[0073]It is also possible to make wafer stage WST1 generate very small yawing by changing a little the balance of the thrust of the X-axis linear motors 93A and 93B of the couple provided in the both ends of the Y-axis linear guide 94A, or to remove. Similarly, by changing the balance of the thrust of the X-axis linear motors 93C and 93D of a couple a little, wafer stage WST2 can be made to be able to generate very small yawing, or it can also remove. On these wafer stage WST1 and WST2, the wafer W1 and W2 are being fixed by vacuum absorption etc. via the unillustrated wafer holder, respectively. The minute drive of the wafer holder is carried out by unillustrated Z-theta drive mechanism in a Z direction and the direction (surrounding hand of cut of the Z-axis) of theta.

[0074]The side of the direction of -X of wafer stage WST1 and the direction of Y is the reflectors 84X and 84Y (refer to drawing 6) where mirror finish was made, and the side of the direction of +X of wafer stage WST2 and the direction of Y is the reflectors 85X and 85Y where mirror finish was made similarly. These reflectors support the moving mirror and it is projected on the measuring beam 92X2 which consists of each laser interferometer which constitutes the interferometer systems later mentioned to these reflectors from a laser beam, 92X5, 92Y1 - 92Y, By receiving the catoptric light with each laser interferometer, measure the

displacement from the base level (generally a reference mirror is arranged on the projection optical system side or the side of an alignment optical system, and let that be a base level) of each reflector, and by this, The two-dimensional position of wafer stage WST1 and WST2 is measured, respectively. The composition of interferometer systems is explained in full detail behind.

[0075]comprising the lens element of two or more sheets which has a common optic axis of a Z direction as projection optical system PL1 in drawing 5 -- a both-sides call -- centric predetermined reducing magnification, for example, the dioptric system which has 1 5, is used. Reflective refractive media and a reflection system may be used as projection optical system PL1. The alignment systems 88A and 88B of the off-axis (off-axis) method which had the same function in the both sides of the direction of X of this projection optical system PL1 mutually as shown in drawing 5, It is installed in the position which separated only the repeat range from optic-axis AX of projection optical system PL1 (it is in agreement with the center of the projection image of a reticle pattern), respectively. The LSA (Laser StepAlignment) system for which these alignment systems 88A and 88B use a slit shape laser beam, The FIA (Field Image Alignment) system of an image processing method, For example, it has three kinds of alignment sensors of a LIA (Laser InterferometricAlignment) system which detects the diffracted light of two heterodyne beams, Position measurement of the direction of two dimensions of the reference mark on a reference mark board and the alignment mark on a wafer (the direction of X and the direction of Y) can be performed. In this example, these three kinds of alignment sensors are properly used according to the purpose suitably, What is called search alignment that detects the position of the one-dimensional mark of three points on a wafer, and performs outline position measurement of a wafer, fine alignment which performs exact position measurement of each shot region on a wafer, etc. are performed.

[0076]In this case, one alignment system 88A is used for position measurement etc. of the alignment mark on the wafer W1 held on the wafer stage WST1. The alignment system 88B of another side is used for position measurement etc. of the alignment mark on the wafer W2 held on the wafer stage WST2. The detecting signal from each alignment sensor which constitutes these alignment systems 88A and 88B, The alignment control device 80 is supplied, with the alignment control device 80, A D (analog to digital) conversion of the supplied detecting signal is carried out, data processing of the digitized waveform signal is carried out, and a mark position is detected. This detection result is sent to the main control unit 90, and the position correcting information at the time of exposure, etc. are outputted from the main control unit 90 to the stage control apparatus 38 according to that detection result.

[0077]Although the graphic display abbreviation was carried out, The auto-focusing / auto leveling measuring structure (henceforth a AF AL system ) for detecting the defocusing amount from the best focus positions of the exposure surface of the wafer W1 (or W2) are

provided in projection optical system PL1 and each of the alignment systems 88A and 88B. Among this, the so-called multipoint AF system of the oblique incidence method is used as an AF/AL system of projection optical system PL1. And the same AF AL system also as the alignment systems 88A and 88B is provided. That is, in this example, it has composition which can irradiate with a detection beam also by the AF/AL system used at the time of an alignment sequence to the almost same measuring region as the AF AL system used for detection of the defocusing amount at the time of exposure. For this reason, position measurement of an alignment mark can be performed with high precision with focusing precision comparable as the time of exposure also at the time of the alignment sequence which uses the alignment systems 88A and 88B. If it puts in another way, the offset (error) by the posture of a stage will not occur between the times of exposure and alignment.

[0078]Next, reticle drive mechanism is explained with reference to drawing 5 and drawing 6. This reticle drive mechanism is provided with the following.

Reticle stage RST1 with an XY plane movable in the direction of two dimensions which holds the reticle R1 for the reticle base board 79 top.

The reticle R2 is held along the same moving face, and it is reticle stage RST2 movable in the direction of two dimensions ].

The linear motor which is not illustrated [ which drives these reticle stage RST1 and RST2 . These reticle stage RST1, the reticule interferometer system which manages the position of RST2.

[0079]If this is explained further in full detail, as shown in drawing 6, these reticle stage RST1 and RST2 will be installed in the scanning direction (the direction of Y) in series, Surfacing support is carried out on the reticle base board 79 via an unillustrated air bearing, and it is constituted so that minute rotation of the minute drive of the direction of X and the direction of theta and the scanning drive of the direction of Y may be made by the reticle stage drive mechanism 81R (refer to drawing 5). Although the reticle stage drive mechanism 81R makes the driving source the same linear motor as the stage device for wafers, after expedient drawing 5 explains, it is shown as a mere block from from. For this reason, the reticle R1 on reticle stage RST1 and RST2 and R2 are selectively used in the case of double exposure, and it has the wafer W1, W2, and composition that can carry out a synchronous scan also about which reticle R1 and R2.

[0080]On these reticle stage RST1 and RST2, The moving mirrors 82A and 82B which comprise the same raw materials (for example, ceramics etc.) as reticle stage RST1 and RST2 are installed in the side of the direction of X in the direction of Y, respectively, Towards the reflector of the direction of +X of these moving mirrors 82A and 82B, a laser interferometer. (It is only hereafter called an "interferometer") The measuring beam 91X1 to 91X5 which consists

of 83X1 to 83X5 from a laser beam is irradiated, In the interferometer 83X1 to 83X5, the position of the direction of X of reticle stage RST1 and RST2 is measured by receiving the catoptric light and measuring the relative displacement over a predetermined base level. Here the measuring beam 91X3 from the interferometer 83X3, It has two measuring beams left in the direction of Y which can carry out displacement measurement independently actual, respectively, and the position and the amount of yawing (surrounding angle of rotation of the Z-axis) of the direction of X of reticle stage RST1 and RST2 can be measured from these two measurement values.

[0081]In this example, the interval of the direction of Y of the measuring beam 91X1 to 91X5 is set up shorter than the width of the direction of Y of the moving mirrors 82A and 82B, and which measuring beam 91X1 to 91X5 is always irradiated with it by the moving mirrors 82A and 82B by this. Two measuring beams (for example, 91X1, 91X2) which adjoin at a certain time come to be simultaneously irradiated by the same moving mirror (for example, 82B), and it can be considered that the interferometer 83X1 which corresponds this state, and 83X2 overlap the measuring range selectively. By this, the measurement value of the interferometer 83X1 to 83X4 can be delivered to the measurement value of the interferometer 83X2 to 83X5 with high precision one by one like the after-mentioned. The measurement value of the interferometer 83X1 to 83X5 is supplied to the stage control apparatus 38 of drawing 5, and based on these measurement values the stage control apparatus 38, In order to amend the synchronization error of wafer stage WST1 and WST2, the roll control of reticle stage RST1 and RST2 and position control of the direction of X are performed via the reticle stage drive mechanism 81R.

[0082]On the other hand, in drawing 6, the cube corner reflectors 89A and 89B as a moving mirror of a couple are installed in the end of the direction of -Y along the 1st scanning direction of reticle stage RST1. And the measuring beam which consists of an interferometer (un-illustrating) of the double pass method of a couple from two laser beams to these cube corner reflectors 89A and 89B, respectively (in drawing 6.) 91Y1 represented with one measuring beam and 91Y2 are irradiated, and the relative displacement of the direction of Y of reticle stage RST1 is measured to a predetermined base level by the interferometer of the couple which is not illustrated [ the ]. The cube corner reflectors 89C and 89D of a couple are installed also in the end of the 2nd direction of +Y of reticle stage RST2, The measuring beam 91Y3 and 91Y4 (it consists of two laser beams actually, respectively) are irradiated to these cube corner reflectors 89C and 89D from the interferometer 83Y3 of the double pass method of a couple, and 83Y4, Displacement of the direction of Y of reticle stage RST2 is measured by the interferometer 83Y3 and 83Y4, respectively.

[0083]The measurement value of the interferometer of these double pass methods is also supplied to the stage control apparatus 38 of drawing 5, and the position of the direction of Y of

reticle stage RST1 and RST2 is controlled based on the measurement value. That is, the interferometer systems for reticle stages are constituted from this example by the interferometer 83X1 to 83X5 which has the measuring beam 91X1 to 91X5, and the measuring beam 91Y1, 91Y2 and the measuring beam 91Y3 and the interferometer of two pairs of double pass methods which have 91Y4. The interferometer 83X1 to 83X5 is expressed by drawing 5 by the interferometer 83, and the moving mirrors 82A and 82B and the measuring beam 91X1 to 91X5 are expressed by drawing 5 by the moving mirror 82 and the measuring beam 91X, respectively.

[0084]Next, the interferometer systems which manage the position of wafer stage WST1 and WST2 are explained with reference to drawing 5 - drawing 7. As shown in drawing 5 - drawing 7, the center (optic-axis AX1) of the projection image of projection optical system PL1, In accordance with the axis parallel to the X-axis, the measuring beam 92X2 which consists of the interferometer 87X2 from the laser beam of three axes is irradiated by the reflector 84X of the side of the direction of -X of wafer stage WST1 through each detecting center of the alignment systems 88A and 88B. Similarly, the measuring beam 92X5 which consists of the interferometer 87X5 from the laser beam of three axes is irradiated by the reflector 85X of the side of the direction of +X of wafer stage WST2. In the interferometer 87X2 and 87X5, the relative displacement to the direction of X from the reference position of each reflector is measured by receiving those catoptric light.

[0085]In this case, as shown in drawing 6, the measuring beam 92X2 and 92X5, Since it is a laser beam of three axes which can perform displacement measurement mutually-independent, respectively, the corresponding interferometer 87X2 and 87X5, Tilt angle (surrounding angle of rotation of Y-axis) measurement of each stage and measurement of a yawing angle (angle of rotation of the circumference of the Z-axis) can be carried out besides measuring the position of the direction of X of wafer stage WST1 and WST2, respectively. In this case, as shown in drawing 6, Z and the leveling stages LS1 and LS2 for performing drive of the minute drive to the Z direction of the wafers W1 and W2 and an angle of inclination and surrounding rotation of the Z-axis, respectively are formed in the wafer stages WST1 and WST2 of this example, but. Z and the leveling stages LS1 and LS2 are in a portion lower than the reflectors 84X and 85X actually. Therefore, all the drive quantity in the case of the wafer W1, tilt angle control of W2, and yawing angle control can be monitored by these interferometers 87X2 and 87X5.

[0086]The measuring beam 92X2 of the X-axis and 92X5 are always irradiated by the reflectors 84X and 85X of wafer stage WST1 and WST2 throughout the moving range of wafer stage WST1 and WST2. Therefore, in any at the time of the exposure which used projection optical system PL1, or use of the alignment systems 88A and 88B, etc. case, about the direction of X, the position of the direction of X of wafer stage WST1 and WST2 is managed

based on the measuring beam 92X2 and the measurement value which used 92X5.

[0087]As shown in drawing 6 and drawing 7, the side of the direction of +Y of wafer stage WST1 and WST2 is processed on the reflectors 84Y and 85Y as a moving mirror, The measuring beam 92Y3 parallel to a Y-axis is irradiated by the reflectors 84Y and 85Y from the interferometer 87Y3 through optic-axis AX of projection optical system PL11. The measuring beam 92Y1 parallel to a Y-axis, the interferometer 87Y1 which has 92Y5, respectively, and 87Y5 are provided through each detecting center of the alignment systems 88A and 88B. In this example, for position measurement of the direction of Y of wafer stage WST1 at the time of the exposure using projection optical system PL1, and WST2. The measurement value of the interferometer 87Y3 with the measuring beam 92Y3 is used, and the interferometer 87Y1 or the measurement value of 87Y5 is used for position measurement of the direction of Y of the alignment system 88A, wafer stage WST1 at the time of use of 88B, or WST2, respectively.

[0088]Therefore, the measuring beam of the interferometer 87Y1 of a Y-axis, 87Y3, and 87Y5 may separate from the reflectors 84Y and 85Y of wafer stage WST1 and WST2 according to each service condition. Therefore, in this example, the interferometer 87Y2 with the measuring beam 92Y2 parallel to a Y-axis is formed between the interferometer 87X1 and 87Y3, He is trying for the measuring beam from at least one interferometer to always be irradiated by the reflectors 84Y and 85Y of wafer stage WST1 and WST2 by forming the interferometer 87Y4 with the measuring beam 92Y4 parallel to a Y-axis between the interferometer 87Y3 and 87Y5. For this reason, if width of the direction of X of the reflectors 84Y and 85Y as a moving mirror is set to DX1, interval DX2 of the measuring beam 92Y1, 92Y2, --, the direction of X of 92Y5 will be set up more narrowly than width DX1. As a result, since the case where two adjoining measuring beams in the measuring beam 92Y1 to 92Y5 are simultaneously irradiated on the reflector 84Y and 85Y certainly arises (it has a measuring range which overlaps selectively), the measurement value is delivered to the 2nd interferometer from the 1st interferometer in that state like the after-mentioned. Also in the direction of Y, positioning is performed with high precision with high reproducibility by this wafer stage WST1 and WST2.

[0089]The measuring beam 92Y1 for position measurement of the direction of Y, 92Y3, and 92Y5, Since it consists of a biaxial laser beam which can separate to a Z direction, respectively and can perform position measurement independently, the corresponding interferometer 87Y1, 87Y3, and 87Y5 can also perform measurement of the surrounding angle of inclination (tilt angle) of the X-axis besides the position of the direction of Y of the reflectors 84Y and 85Y for measurement, respectively. The interferometer systems which manage the two-dimensional coordinates position of wafer stage WST1 and WST2 are constituted from this example by a total of seven interferometers of the interferometer 87X2, 87X5, and 87Y1 to 87Y5. In this example, while one of wafer stage WST1 and WST2 is performing the exposure sequence,

another side performs wafer exchange and a wafer alignment sequence, so that it may mention later, but. In this case, based on the measurement value of each interferometer, the stage control apparatus 38 is performing the position and speed control of wafer stage WST1 and WST2 so that there may be no mechanical interference of both stages.

[0090]Next, the illumination system and control system of this example are explained based on drawing 5. The exposing light which consists of a pulse laser beam ejected from the light source part 40 which consists of an excimer laser and dimming systems (dimming board etc.), such as KrF and ArF which are exposure light sources, or  $F_2$ , in drawing 5. After penetrating the shutter 42, it deviates by the mirror 44, is orthopedically operated by the suitable beam diameter with the beam expanders 46 and 48, and enters into the 1st fly eye lens 50. The exposing light ejected from this 1st fly eye lens 50 enters into the 2nd fly eye lens 58 via the lens 52, the vibration mirror 54, and the lens 56. The exposing light ejected from this 2nd fly eye lens 58, The fixed blind 62 installed in the reticle R1 (or R2) and a conjugate position is reached through the lens 60, After the sectional shape is specified to specified shape here, the movable blind 64 arranged at the position slightly defocused from the conjugate side with reticle is passed, The illuminated field IA (refer to drawing 6) of rectangle slit shape is illuminated as a light of uniform illuminance distribution through the relay lenses 66 and 68 the specified shape on the reticle R1, and here.

[0091]Next, the control system of this example comprises the exposure controller 70 and stage control apparatus 38 grade under jurisdiction of this main control unit 90 centering on the main control unit 90 which controls the whole device in control. For example, in exposing the pattern of the reticle R1 to the wafer W1, point to the exposure controller 70 to the shutter driving device 72, it makes the shutter drive part 74 drive, before a synchronous scan with the reticle R1 and the wafer W1 is started, and opens the shutter 42.

[0092]Then, according to directions of the main control unit 90, a synchronous scan (scanning controls) with the reticle R1, the wafer W1, i.e., reticle stage RST1, and wafer stage WST1 is started by the stage control apparatus 38. This synchronous scan monitoring the measurement value of the measuring beam 92Y3 of the interferometer systems for wafer stages mentioned above, 92X2 and the measuring beam 91Y1 of the interferometer systems for reticle stages, 91Y2, and 91X3. It is carried out by controlling the stage driving system 81W and the reticle stage drive mechanism 81R by the stage control apparatus 38.

[0093]And when the uniform drive of both stage RST1 and WST1 is carried out by making a projecting magnification ratio into a velocity ratio within a predetermined synchronization error, respectively, it points to the laser controller 76 and pulse radiation is made to start in the exposure controller 70. By this, the illuminated field IA (refer to drawing 6) of the rectangle of the reticle R1 is illuminated by exposing light, the image of the pattern in the illuminated field IA is reduced by projection optical system PL1 by 1.5 times, and projection exposure is carried out

on the wafer W1 in which photoresist was applied to the surface. Here, compared with the pattern space on the reticle R1, the width of the scanning direction of the illuminated field IA is narrow, it is carrying out the synchronous scan of the reticle R1 and the wafer W1, and the image of the whole surface of a pattern space is transferred one by one by the shot region on a wafer so that clearly also from drawing 6. It is pointing to the exposure controller 70 to the mirror driving device 78, and making the vibration mirror 54 drive in the case of this exposure, and the illumination unevenness by the interference fringe generated with the two fly eye lenses 50 and 58 is reduced.

[0094]So that the exposing light which passed through the exterior (exterior of a protection-from-light belt) of the pattern space on the reticle R1 may not leak near the edge part of each shot region on the wafer W1 during scanning exposure, Synchronizing with the scan with the reticle R1 and the wafer W1, drive controlling of the movable blind 64 is carried out by the blind control device 39, and such synchronous operation of a series of is managed by the stage control apparatus 38. In the main control unit 90, when, amending the approach run starting position etc. of the reticle stage and wafer stage which perform a synchronous scan at the time of scanning exposure for example, the correction value of a stage position is directed to the stage control apparatus 38 which carries out the movement controls of each stage.

[0095]Next, two or more interferometers with which the measuring range overlaps selectively, respectively are arranged as mentioned above reticle stage RST1 of this example, RST2 and wafer stage WST1, and WST2, and it is constituted so that the measurement value of an interferometer may win popularity one by one and may be passed. Below, the interferometer 87Y3 of wafer stage WST2 of drawing 7 and two Y-axes and 87Y4 are taken for an example, and it explains with reference to drawing 7 - drawing 10 per delivery operation of the measurement value of an interferometer, i.e., preset operation of the measurement value of an interferometer.

[0096]When wafer stage WST2 in the position of drawing 7 moves in the direction of -X, the measuring beam 92Y4 stops first, entering into the reflector 85Y as a moving mirror of wafer stage WST2 in the middle of this movement. When wafer stage WST2 moves in the direction of +X, the measuring beam 92Y3 stops on the contrary, entering into the reflector 85Y in the middle of this movement. Then, it is necessary to measure the Y coordinate of wafer stage WST2 in the state where a measurement value is delivered with high precision, it uses the interferometer 87Y4 and any of 87Y3 they are, and there is reproducibility between the interferometer 87Y4 and the interferometer 87Y3. For this reason, the following works are carried out in this example.

[0097]Drawing 8 (a) is a top view showing wafer stage WST2 of drawing 7, and in this drawing 8 (a) displacement of the direction of X of wafer stage WST2, With the interferometer 87X5 of the X-axis, displacement of the direction of Y of wafer stage WST2 is measured by the two



interferometers 87Y3 and 87Y4 again. Interval DX2 of the interferometer 87Y3, the measuring beam 92Y3 of 87Y4, and the direction of X of 92Y4 is narrower than width DX1 of the direction of X of the reflector 85Y of wafer stage WST2.

[0098]Here, the interferometer 87Y4 of this example and 87Y3 are the laser interferometers of a heterodyne-interferometry method, respectively, and 2 frequency oscillation laser (for example, helium-Ne laser light source with a Zeeman effect type wavelength of 633 nm) which is not illustrated [ common as a light source of a measuring beam ] is used. From this 2 frequency oscillation laser, a polarization direction intersects perpendicularly mutually, and the 1st and 2nd light flux that has predetermined delta-frequency  $\Delta f$  (for example, about 2 MHz) is ejected by the same axle as a heterodyne beam, Reference signal SR of frequency  $\Delta f$  is first generated in this heterodyne beam by carrying out photoelectric conversion of 1 the interference light which branched about ten and was mixed with the analyzer, and this reference signal SR is supplied to the interferometer 87Y4 and each phase comparator 26 (refer to drawing 9) in 87Y3.

[0099]The 1st [ which was produced by branching about 1/10, respectively in the above-mentioned heterodyne beam ] and 2nd heterodyne beams are supplied to the interferometer 87Y3 and 87Y4, The interferometer 87Y4 makes one side of 2 light flux light flux and the polarization direction of the 2nd heterodyne beam cross at right angles the measuring beam 92Y4, and a reference beam is reflected with an unillustrated reference mirror by making another side into a reference beam (un-illustrating). And the interference light which mixed the reflected reference beam and the measuring beam 92Y4 reflected in the reflector 85Y with the analyzer by carrying out photoelectric conversion by frequency  $\Delta f$ . And the measurement signal S2 from which a phase changes is generated, the phase comparator 26 of drawing 9 is supplied, and in the phase comparator 26, the phase contrast  $\phi_2$  of the above-mentioned reference signal SR and the measurement signal S2 is detected with predetermined resolution (for example,  $2\pi/100$  (rad)), and is supplied to the integrator 27.

[0100]under the present circumstances, when it is alike, the measuring beam 92Y3 and wavelength of 92Y4 are set to  $\lambda$  and the reflector 85Y moves only  $\lambda/m$  (this example -- like -- a single pass method --  $m=2$  -- on the other hand -- a double pass method --  $m=4$ ) in the direction of Y using the one or more integers  $m$ , that phase contrast  $\phi_2$  does  $2\pi$  (rad) change of. The range of the phase contrast  $\phi_2$  is  $0 < \phi_2 < 2\pi$ , and with the integrator 27 of drawing 9, when the phase contrast  $\phi_2$  crosses  $2\pi$  in the direction of +, 1 is added to the predetermined integer (it is equivalent to order of interference)  $N_2$ , and when the phase contrast  $\phi_2$  crosses 0 in the direction of -, 1 is subtracted from the integer  $N_2$ . And the integrator 27 sends during measurement the measurement value  $P_2$  which multiplied  $\{N_1 - \phi_2/(2\pi)\}$  by  $\lambda/m$  to the stage control apparatus 38 as an absolute position of the direction of Y of wafer stage WST2.

[0101]Similarly, also in the interferometer 87Y3, the integer N1 fluctuated whenever the phase contrast  $\phi_1$  of the measurement signal S1 obtained from the measuring beam 92Y3 and the above-mentioned reference signal SR and this phase contrast  $\phi_1$  cross  $2\pi$  or 0, and the measurement value P1 computed from  $\lambda/m$  are sent to the stage control apparatus 38. That is, the interferometer 87Y3 and 87Y4 are measuring the position of the direction of Y of wafer stage WST2 as an absolute position within the width of  $\lambda/m$ , respectively.

[0102]And since the interferometer 87X5 of the X-axis of this example is provided with two laser beams left in the direction of Y as shown in drawing 6, it can measure the angle of rotation  $\theta_{W2}$  of wafer stage WST2 from the difference of the measurement value of the X coordinate of the reflector 85X by these two laser beams. By then, the initial state which made wafer stage WST2 stand it still so that the angle of rotation  $\theta_{W2}$  may be beforehand set to 0 in the state of drawing 8 (a). The interferometer 87Y4, the integer N2 in 87Y3, and N1 are reset to 0, and the phase contrast  $\phi_2$  measured, the measurement value (initial value) P20 produced by multiplying  $\phi_1$  by  $\{1/(2\pi)\}$  ( $\lambda/m$ ), and P10 are incorporated into the stage control apparatus 38.

[0103]And in the stage control apparatus 38, offset of the interferometer 87Y4 and the measurement value of 87Y3, respectively as -P20 and -P10, The interferometer 87Y4, the measurement value P2 supplied from 87Y3, and the value which added that offset (-P20, -P10) to P1 are made into the interferometer 87Y4, actual measurement value P2' of 87Y3, and P1' after this. That is, this measurement value P2' and P1' will express correctly the amount of displacement to the direction of Y of wafer stage WST2 from the above-mentioned initial state. The initial value (P20, P10) of the measurement value is memorized.

[0104]Now, in drawing 8 (a), wafer stage WST2 moves in the direction of -X further, and it presupposes that the position shown in drawing 8 (b) was reached. In drawing 8 (b), the measuring beam 92Y4 of the interferometer 87Y4 has separated from the reflector 85Y as a moving mirror. In this state, the Y coordinate of wafer stage WST2 shall be measured by the interferometer 87Y3. When wafer stage WST2 begins movement in the direction of X toward the position again shown in drawing 8 (a) from this state and the reflector 85Y enters in the irradiation area (time base range) of the measuring beam 92Y4 of the interferometer 87Y4, the measurement value of the interferometer 87Y4 is set up as follows (preset).

[0105]First, the angle of rotation  $\theta_{W2}$  (it is a fine amount (rad) near about 0) of wafer stage WST2 is measured by the measuring beam 92X5 (two laser beams) of the interferometer 87X5 of the X-axis. In this state, the measurement value P1 of the Y coordinate by the interferometer 87Y3 using the measuring beam 92Y3 is calculated in drawing 8 (a). However, this measurement value P1 is a direct measurement value before performing offset correction. And, for example in the stage control apparatus 38, the order of interference N2 (N2 is an integer) of the interferometer 87Y4 and a point estimate with fraction  $\epsilon/2\pi$  are

calculated from the measurement value P1. This fraction epsilon 2 is a value corresponding to above phi 2.

[0106]Namely, the operation part in the stage control apparatus 38 from the difference (= P20-P10) of the initial value of the measurement value thetaW2 of the angle of rotation of the measuring beam 92Y3, interval DX2 of 92Y4, and wafer stage WST2, the measurement value P1 of the interferometer 87Y3, and the interferometer 87Y4 and the measurement value of 87Y3. Point estimate P2' of the measurement value P2 before the offset correction of the interferometer 87Y4 is computed as follows.

$$P2' = P1 - DX2 \sin \theta W2 \quad (P20 - P10)$$

[0107]For example, when the measurement accuracy of the measurement value thetaW2 of an angle of rotation is high, this point estimate P2' may be preset as it is as a value of the present measurement value P2 of the interferometer 87Y4. However, since the measurement error of a certain grade may be included in the measurement value thetaW2, as for the interferometer 87Y4, the operation part decomposes the designated value P2' into a part for an integer, and a fraction using an absolute position being measurable per width lambda/m. Therefore, lambda/m twice [ N2 ] the remaining values of length will be fraction epsilon2 (2 pi) in point estimate P2' of the measurement value of the interferometer 87Y4. That is, the stage control apparatus 38 computes the integer N2 and the fraction epsilon 2 as follows (presumption).

[0108]

$$N2 = g \{ P2' / (\lambda / m) \} \quad (1)$$

$$\epsilon 2 = \{ P2' / (\lambda / m) - N2 \} \cdot 2 \pi \quad (2)$$

Here, g {X} is a function which gives the maximum integer that does not exceed X. In the stage control apparatus 38, the point estimate (N2, epsilon 2) of the order of interference obtained from the measurement value P1 and a fraction and the preset value of the integer (degree) N2 of the phase contrast (absolute phase) phi 2 actually measured with the interferometer 87Y4 to the interferometer 87Y4 are determined so that it may explain in full detail behind.

[0109]As drawing 9 shows some stage control apparatus 38 of this example, and some interferometers 87Y4 and shows them to drawing 9, the interferometer 87Y4, For example, it has the phase comparator 26 into which reference signal SR outputted from the laser light source and the measurement signal S2 (photoelectric conversion signal of the interference light of a measuring beam and a reference beam) are inputted. Detect the phase contrast phi 2 of reference signal SR and the measurement signal S2, and the detected phase contrast phi 2 is outputted to the integrator 27, and the phase comparator 26 is outputted also to the computer processing facility 28 in the stage control apparatus 38. Other interferometers are provided with the phase comparator 26 and the integrator 27, respectively.

[0110]At the time of measurement, as mentioned above, the integrator 27 integrates the

integer  $N_2$  from change of the phase contrast  $\phi_2$ , and is outputting the measurement value  $P_2$  produced by multiplying  $\{N_2 \phi_2 (2\pi)\}$  by  $(\lambda m)$  to the stage control apparatus 38 as information which shows the movement magnitude of a moving mirror (this example reflector 85Y). However, when delivering a measurement value like now, the computer processing facility 28 compares the phase contrast  $\phi_2$  inputted from the phase comparator 26, and the point estimate  $\epsilon_2$  of the fraction inputted from the above-mentioned operation part. Since the integer  $N_2$  which shows the presumed order of interference may have shifted in  $\pm 1$  when the point estimate  $\epsilon_2$  of the presumed phase contrast is close to 0 (zero) or  $2\pi$ , this comparison is performed for that verification to accumulate. Operation of this comparison is explained referring to drawing 10. For convenience, the point estimate of  $N_2$  is made into the degree  $N$  in drawing 10.

[0111]Drawing 10 (a) In - (c), a horizontal axis expresses the phase contrast of a reference signal and a measurement signal, and is illustrating the phase contrast of the range of order-of-interference  $k = N-1$ ,  $k = N$ , and  $k = N + 1$  especially.  $2\pi$  change of phase contrast is done within one degree. Drawing 10 (a) shows the case where the absolute value of a difference with the point estimate  $\epsilon_2$  of the actual phase contrast  $\phi_2$  and phase contrast is smaller than  $\pi$  ( $|\phi_2 - \epsilon_2| < \pi$ ). In this case, since the actual phase contrast  $\phi_2$  is in the degree  $N$  as a graphic display, order of interference is  $N$  as a point estimate, and is taken as preset value  $N' = N$  of a degree. Drawing 10 (b) shows the case where the value which subtracted the point estimate  $\epsilon_2$  of the phase from the actual phase contrast  $\phi_2$  is larger than  $\pi$  ( $\phi_2 - \epsilon_2 > \pi$ ). In this case, since the actual phase contrast  $\phi_2$  is in the degree  $N-1$  as a graphic display, preset value  $N'$  is set to  $N' = N-1$ . Drawing 10 (c) shows the case where the value which subtracted the point estimate  $\epsilon_2$  of the phase from the actual phase contrast  $\phi_2$  is smaller than  $-\pi$  ( $\phi_2 - \epsilon_2 < -\pi$ ). In this case, since the actual phase contrast  $\phi_2$  is in the degree  $N+1$  as a graphic display, it is referred to as  $N' = N + 1$ .

[0112]In the computer processing facility 28, preset value  $N'$  for which it asked as mentioned above is outputted as the preset value RE to the integrator 27 of drawing 9. In the integrator 27, the preset value RE (namely,  $N'$ ) is set up as a preset value of the integer  $N_2$ , the measurement value  $P_2$  of a Y coordinate is computed as follows from the phase contrast  $\phi_2$  from the phase comparator 26, and integer  $N'$ , the stage control apparatus 38 is supplied, and the rest performs the usual measuring operation.

$$P_2 (\lambda m) - N' (\lambda m) (3) (\phi_2 2\pi)$$

It means returning to the original value substantially, and means that the measurement value of the interferometer 87Y3 receives in the interferometer 87Y4 correctly, and the measurement value  $P_2$  of the interferometer 87Y4 had been passed by this.

[0113]When the catoptric light from a mirror plane sets a preset value as the 1st interferometer that came to be obtained again by this example as mentioned above, The measured value

computed from the measured value of other 2nd interferometer is used as a point estimate for determining the order of interference ( $N_1$  or  $N_2$ ) of the 1st interferometer, He is trying to determine the preset value of the order of interference ( $N_1$  or  $N_2$ ) of the 1st interferometer, and by extension, the measurement value of an interferometer based on the presumed order of interference and the phase contrast (absolute phase)  $\phi$  measured with the 1st interferometer. In this case, since the measurement beam has once separated from the mirror plane, the order of interference  $N_2$  or  $N_1$  is unknown, but since order of interference is calculated by calculation from the measured value of other interferometers, the preset value of that interferometer can be set up in accuracy peculiar to that interferometer.

[0114]The time of device rises, and when a measurement error needs to mix in all the measured value by a certain cause and the measurement value of all the interferometers needs to be reset, Degree  $N_2 = 0$  is sent to the computer processing facility 28, and it is necessary to make it set the output (preset value)  $RE(0)$  of the computer processing facility 28 as the integrator 27 similarly in drawing 9. In this case, only the value corresponding to the phase contrast (absolute phase)  $\phi_2$  will be set as the integrator 27 (interferometer 87Y4) despite a join office. The initial value of the interferometer 87Y3 turns into a value corresponding to the phase contrast  $\phi_1$  similarly.

[0115]It may carry out as feed if needed to the computer processing facility 18 the output  $P_2$  of the integrator 27. In this case, even the amount of displacement of a wafer stage after resetting [integrator / 27], until a reset value is set as the integrator 27 from the computer processing facility 28 can be included, and it can be set as the integrator 27 as a preset value. In this case, it can take into consideration and depend from the time whose light-receiving of the catoptric light from a wafer stage was attained to the amount of displacement of a wafer stage until preset value  $RE_2$  is set as the integrator 27, and a precise initial value can be set up now.

[0116]In this example, when wafer stage WST2 moves, any or one measuring beam needs to be irradiated by the side 85Y of wafer stage WST2 among the measuring beams from the interferometer 87Y3 to 87Y5. Therefore, in this example, the interval (for example, the measuring beam 92Y3, interval  $DX_2$  of 92Y4 which are shown in drawing 8) between each measuring beam arranges the interferometer so that it may become shorter than width  $DX_1$  of the direction of X of wafer stage WST2.

[0117]Also in the interferometer 83X1 to 83X5 for performing position measurement of reticle stage RST1 of drawing 6, and RST2, initial value (preset value) setting out of an interferometer is performed similarly, and delivery of a measurement value is performed based on this. Next, in the projection aligner of this example, the 1st and 2nd carrier systems for which a wafer is exchanged among the wafer stages WST1 and WST2, respectively are formed.

[0118]As are shown in drawing 11, and the 1st carrier system is later mentioned between

wafer stage WST1 in a left-hand side wafer loading position, it performs wafer exchange. The 1st loading guide 96A to which this 1st carrier system extends in Y shaft orientations, The 1st and 2nd sliders 97A and 97C that move along with this loading guide 96A, The 1st wafer loader constituted including the unloading arm 98A attached to the 1st slider 97A, the load arm 98C attached to the 2nd slider 97C, etc., It comprises the 1st center rise 99 that comprises three vertically moving members provided on the wafer stage WST1.

[0119]Operation of the wafer exchange by this 1st carrier system is explained briefly. Here, as shown in drawing 11, the case where it is exchanged in wafer W1' on the wafer stage WST1 in a left-hand side wafer loading position and the wafer W1 conveyed by the 1st wafer loader is explained. First, in the main control unit 90, vacuum absorption of the wafer holder which is not illustrated on the wafer stage WST1 is turned OFF, and adsorption of wafer W1' is canceled. Next, in the main control unit 90, the specified quantity rise of the center rise 99 is carried out via an unillustrated center rise drive system. Thereby, wafer W1' is raised to a prescribed position. In this state, the unloading arm 98A is moved just under wafer W1' via unillustrated wafer loader control equipment in the main control unit 90. After carrying out the downward drive of the center rise 99 to a prescribed position and delivering wafer W1' to the unloading arm 98A in the main control unit 90 in this state, the vacuum absorption of the unloading arm 98A is made to start. Next, in the main control unit 90, evacuation of the unloading arm 98A and the move start of the load arm 98C are directed to wafer loader control equipment. When the load arm 98C which the unloading arm 98A started movement in the direction of -Y of drawing 11, and held the wafer W1 by this comes above wafer stage WST1, The vacuum absorption of the load arm 98C is canceled by wafer loader control equipment, and the wafer W1 is received and passed on the wafer stage WST1 by carrying out elevation driving of the center rise 99 continuously.

[0120]The 2nd carrier system that delivers a wafer between wafer stage WST2, As shown in drawing 12, symmetrically with the 1st carrier system The 2nd loading guide 96B, It is constituted including the unloading arm 98B attached to the sliders 97B and 97D which move along with this 2nd loading guide 96B, and the 3rd slider 97B, the load arm 98D attached to the 4th slider 97D, etc. Wafer W2' exposed next is held at the load arm 98D.

[0121]Next, parallel processing by two wafer stage WST1 of the projection aligner of this example and WST2 is explained with reference to drawing 11 and drawing 12. While exposing via projection optical system PL1 to the wafer W2 on the wafer stage WST2, the top view in the state where exchange of a wafer is performed between wafer stage WST1 and the 1st carrier system as mentioned above in the left-hand side loading position is shown in drawing 11. In this case, on the wafer stage WST1, as it mentions later succeeding to wafer exchange, alignment operation is performed. In drawing 11, the position control of wafer stage WST2 under exposure operation, Position control of wafer stage WST1 to which it is carried

out based on the measuring beam 92X5 of interferometer systems and the measurement value of 92Y3, and wafer exchange and alignment operation are performed is performed based on the measuring beam 92X2 of interferometer systems, and the measurement value of 92Y1. For this reason, in the main control unit 90 of drawing 5, before pointing to the stage control apparatus 38 and carrying out wafer exchange and alignment operation, initial value setting (preset) of the measurement value of the interferometer mentioned later is carried out. [0122]It continues at wafer exchange and the initial value setting of an interferometer, and search alignment is performed. Only in PURIARAIMENTO made during conveyance of the wafer W1, since the position error is large, the search alignment performed after wafer exchange is PURIARAIMENTO again performed on the wafer stage WST1. The position of three search alignment marks (un-illustrating) specifically formed on the wafer W1 laid on the stage WST1 is measured using the sensor of a LSA system of the alignment system 88A of drawing 5, etc., Based on the measuring result, alignment of the direction of X of the wafer W1, the direction of Y, and the direction of theta is performed. Operation of each part in the case of this search alignment is controlled by the main control unit 90.

[0123]Fine alignment which searches for the arrangement of each shot region on the wafer W1 by an EGA (enhanced global alignment) method here is performed after the end of this search alignment. Specifically with interferometer systems (the measuring beam 92X2, 92Y1). Moving wafer stage WST1 one by one based on design shot arrangement data (alignment mark position data) managing the position of wafer stage WST1. The alignment mark position of the predetermined shot region (sample shots) on the wafer W1 is measured by the sensor of the FIA system of the alignment system 88A of drawing 5, etc., Based on the design coordinate data of this measuring result and shot arrangement, all the shot arrangement data is computed by the statistical operation by a least square method. Operation of each part in the case of the fine alignment of this EGA method is controlled by the main control unit 90 of drawing 5, and the above-mentioned operation is performed by the main control unit 90.

[0124]And while wafer exchange and alignment operation are performed, by the wafer stage WST2 side, the reticle R1 of two sheets and R2 are used, and double exposure is continuously performed by the step and scanning method at the wafer stage WST1 side, changing an exposing condition. Fine alignment by an EGA method is specifically beforehand performed like the wafer W1 side mentioned above, After moving the shot region on the wafer W2 to the optic-axis lower part of projection optical system PL1 one by one based on the shot arrangement data on the wafer W2 obtained as a result, Scanning exposure is performed by making a scanning direction carry out the synchronous scan of reticle stage RST1 (or RST2) and wafer stage WST2 of drawing 6 at every exposure of each shot region. The exposure to all the shot regions on such a wafer W2 continues also after reticle replacement, and is performed. Scanning exposure is performed after carrying out specified quantity movement of

reticle stage RST1 and RST2 in the direction of +Y after performing sequential-scanning exposure to each shot region of the wafer W2 as an exposure order of concrete double exposure using the reticle R2, and setting the reticle R1 as an approach run starting position. Since the reticle R2 differs in an exposing condition or transmissivity (lighting conditions, such as zona-orbicularis lighting and deformation illumination, a light exposure, etc.) from the reticle R1 at this time, it is necessary to change a monograph affair based on exposure data etc. beforehand. Operation of each part under double exposure of this wafer W2 is also controlled by the main control unit 90.

[0125]The exposure sequence and wafer exchange alignment sequence which are performed in parallel on two wafer stage WST1 shown in drawing 11 mentioned above, and WST2, The direction of the wafer stage ended previously will be in a waiting state, and when both operations are completed, the movement controls of wafer stage WST1 and WST2 are carried out to the position shown in drawing 12. And as for the wafer W1 on the wafer stage WST1 where wafer exchange was made at in the right-hand side loading position, and the alignment sequence ended the wafer W2 on the wafer stage WST2 which the exposure sequence ended, an exposure sequence is performed under projection optical system PL1. In the right-hand side loading position shown in drawing 12, above-mentioned wafer changing operation and alignment sequence will be performed like a left-hand side loading position.

[0126]By this example, as mentioned above, moving two wafer stage WST1 and WST2 in the direction of two dimensions independently. Improvement in a throughput is aimed at by performing an exposure sequence and wafer exchange alignment sequence in parallel to the wafer W1 on each wafer stage, and W2. However, when carrying out concurrent processing of two operations using two wafer stages, the operation performed on one wafer stage may affect the operation performed in the wafer stage of another side as a disturbance factor. The operation which does not affect the operation performed in the wafer stage of another side also has conversely the operation performed on one wafer stage. So, in this example, it divides into the operation which serves as a disturbance factor among the operations which carry out parallel processing, and the operation not becoming, and timing adjustment of each operation is planned so that operations used as a disturbance factor or operations used as a disturbance factor may be performed simultaneously.

[0127]For example, since the synchronous scan of the wafer W1, and the reticle R1 and R2 is carried out at uniform velocity during scanning exposure, it does not serve as a disturbance factor, and also it needs to eliminate the disturbance factor of the from else as much as possible. For this reason, during the scanning exposure on one wafer stage WST1, timing adjustment is made so that it may be in a state of rest in the alignment sequence performed with the wafer W2 on the wafer stage WST2 of another side. Namely, since measurement in an alignment sequence is performed in the state where wafer stage WST2 was made to stand



it still, for scanning exposure, it does not serve as a disturbance factor but can perform be it / under / scanning exposure parallel mark measurement. On the other hand, also in an alignment sequence, since it is uniform motion during scanning exposure, it does not serve as disturbance but can perform high precision measurement.

[0128]The thing same at the time of wafer exchange can be considered. Since especially the vibration produced when delivering a wafer to a center rise from a load arm can serve as a disturbance factor, it may be made to deliver a wafer according to the time of acceleration and deceleration before and after [ before scanning exposure coming to perform a synchronous scan at uniform velocity (it becomes a disturbance factor). Such timing adjustments are performed by the main control unit 90.

[0129]In this example, since double exposure is performed using the reticle of two or more sheets, the improved effect of high resolution and DOF (depth of focus) is acquired. However, in order that this double exposure method may repeat an exposure process twice at least , in using a single wafer stage, exposure time becomes long and a throughput falls substantially. However, a throughput can improve substantially by using the projection aligner provided with two sets of the wafer stages of this example, and high resolution and the improved effect of depth-of-focus DOF are acquired.

[0130]Also when the scope of this invention is not limited to this and exposed by the single exposing method, this invention can be applied suitably. By using two sets of wafer stages, an almost double high throughput can be obtained compared with the case where the single exposing method is enforced using one wafer stage. It may be made to provide further the stage for measurement for measuring the state or imaging characteristic of exposing light like a 1st embodiment in this 2nd embodiment. Although the wafer stage is driven with the combination of a one-dimensional motor, it may be made to drive in two dimensions with a planar motor like a 1st embodiment in this example.

[0131]While the projection aligner of this embodiment assembles the reticle stage RST (RST1, RST2) and the wafer stage WST (WST1, WST2) which consist of many machine parts, It can manufacture by performing optical adjustment of projection optical system PL (PL1) which comprises two or more lenses, and carrying out comprehensive adjustments (electric adjustment, operation confirming, etc.) further. As for manufacture of a projection aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0132]Although this invention was applied to the projection aligner of the step and scanning method in the above-mentioned embodiment, This invention is not restricted to this but A projection aligner of a step-and-repeat method, an exposure device of a proximity method, Or even if it is a charged particle beam aligner which uses as a light source (energy line) the exposure device which makes EUV light, such as X-rays, an exposure beam, and an electron

beam (energy line), it is applicable similarly. It may use for the test equipment which uses the stage for positioning not only an exposure device but a wafer etc., or a repairing device.

[0133]Of course, various composition can be taken in the range which this invention is not limited to an above-mentioned embodiment, and does not deviate from the gist of this invention.

[0134]

[Effect of the Invention According to the 1st stage device of this invention, by providing a movable stage, respectively for two or more function groups of every every individual function or predetermined, each movable stage can be made to be able to miniaturize and it can drive at high speed and with high precision. Two or more movable stages can be moved in the respectively larger range than the measuring range of the 1st system of measurement, and further, when each movable stage enters in the measuring range of the 1st system of measurement, the position of the movable stage can be measured with high precision with high reproducibility according to the 1st system of measurement.

[0135]Next, according to the 2nd stage device of this invention, it is a respectively wide measuring range, and the position of two or more of the movable stages can be measured with high precision with high reproducibility. Since the position of the movable stage is measurable with high precision according to the 1st system of measurement only by doubling the measuring result of the 1st system of measurement with the measuring result of the 2nd system of measurement, improvement in a throughput can be aimed at.

[0136]Next, according to the 1st exposure device of this invention, since it has the stage device of this invention, when measuring the position of the movable stage, for example with an interferometer, a moving mirror can be made smaller than the moving range of the movable stage, and weight of the movable stage can be made small. Therefore, it can become easy to move the movable stage at high speed, it can expose using a double exposure method etc. by a high throughput, and improvement in resolution and the depth of focus can be aimed at.

[0137]Next, since the size of the 1st movable stage is made to necessary minimum by giving only the minimum function required for exposure to the 1st movable stage used for original exposure according to the 2nd exposure device of this invention, the miniaturization of a stage and a weight saving are performed and improvement in a throughput is aimed at -- things can be carried out. On the other hand, there is no necessity in exposure directly, and since the characteristic measuring device for measuring the characteristic at the time of transferring the pattern of the mask is carried in 2nd another movable stage, it can also measure the characteristic at the time of transferring the pattern of the mask. Since it has the stage device of this invention, the position of two or more of the movable stages is measurable with high precision.

[0138]Next, according to the 3rd exposure device of this invention, performing exposure

operation in one movable stage of two or more of the movable stages, for example, the carrying in/out and alignment operation of a substrate can be performed, and improvement in a throughput can be aimed at in another movable stage. Next, according to the 4th exposure device of this invention, by giving only the minimum function required for exposure to the 1st movable stage used for original exposure, the miniaturization of the 1st movable stage and a weight saving can be performed, and improvement in a throughput can be aimed at. On the other hand, there is no necessity in exposure directly, and since the characteristic measuring device for measuring the imaging characteristic of the projection optical system is carried in 2nd another movable stage, it can also measure an imaging characteristic.

[0139]Next, according to the 1st positioning method of this invention, promptly, the position of two or more of the movable stages can be measured with high precision, and can be positioned. Similarly, according to the 2nd positioning method of this invention, promptly, the position of two or more of the movable stages can be measured with high precision, and can be positioned.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an outline lineblock diagram of the projection aligner of a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a top view showing the wafer stage WST and the stage 14 for measurement of drawing 1.

[Drawing 3] It is a top view showing the reticle stage RST and the stage 5 for measurement of drawing 1.

[Drawing 4] In a 1st embodiment, it is a top view with which the explanation in the case of measuring the state of exposing light, etc. using the stage 14 for measurement is presented.

[Drawing 5] It is an outline lineblock diagram of the projection aligner of a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 6] It is a perspective view showing physical relationship with the alignment systems 88A and 88B with two wafer stage WST1 of the embodiment of drawing 5, WST2, two reticle stage RST1 and RST2, and projection optical system PL1.

[Drawing 7] It is a top view showing the composition of the drive mechanism of the wafer stage of drawing 5.

[Drawing 8] It is a figure for explaining measurement value setting out of the interferometer carried out in a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 9] It is a figure showing the outline composition of a part of signal-processing system used for the interferometer systems of a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 10] It is a figure showing an example of signal processing in the interferometer systems of a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 11] It is a top view showing the state where wafer exchange alignment sequence and the exposure sequence are performed using two wafer stage WST1 and WST2.

[Drawing 12] It is a figure showing the state where it switched with wafer exchange alignment

sequence of drawing 11, and the exposure sequence.

[Description of Notations]

MA, MB, MC1, MC2, MD1, MD2 -- A reference mark, R, R1, R2 -- Reticle, RA, RB -- A reticle alignment microscope, RST, RST1, RST2 -- Reticle stage, W, W1, W2 -- A wafer, WST, WST1, WST2 -- Wafer stage, 5 -- The stage for measurement, 7X1, 7X2, 7Y and 8Y, 15X1, 15X2, 15Y -- Laser interferometer, 10 [ -- The stage for measurement, ] -- A main control system, 11 -- An imaging characteristic arithmetic system, 13 -- A surface plate, 14 16 [ -- A computer processing facility, 38 / -- A stage control apparatus, 83X1 to 83X5, 83Y1 to 83Y4, 87X2 87X5, 87Y1 to 87Y5 -- An interferometer, 88A, 88B -- An alignment system, 90 / -- Main control unit ] -- A wafer alignment sensor, 26 -- A phase comparator, 27 -- An integrator, 28

---

[Translation done.]

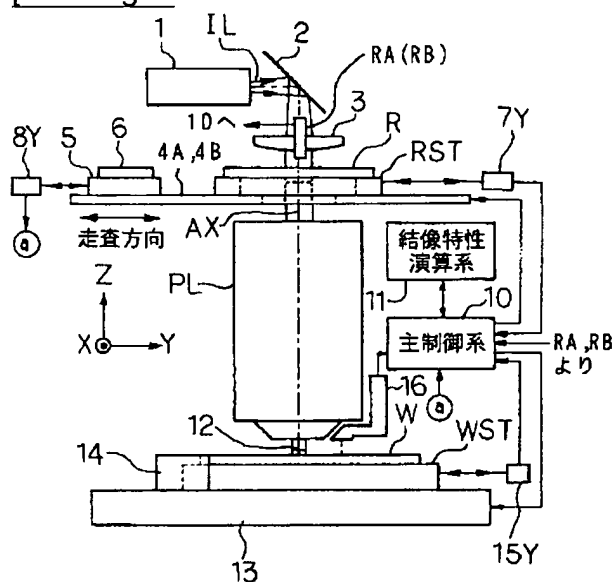
## \* NOTICES

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

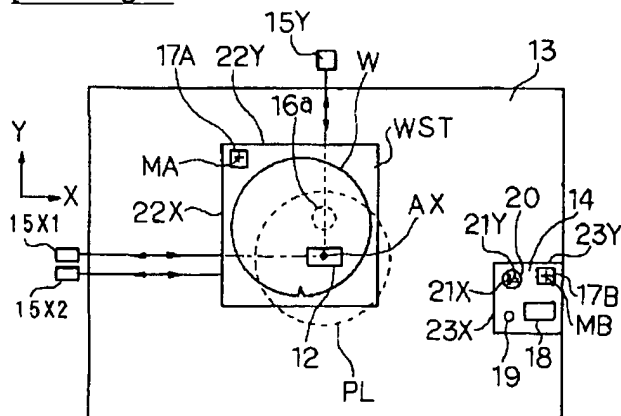
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

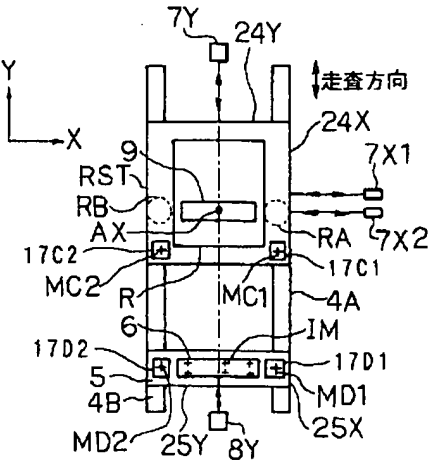
[Drawing 1]



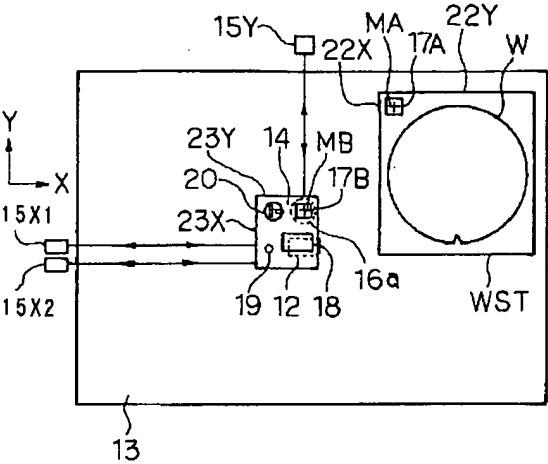
[Drawing 2]



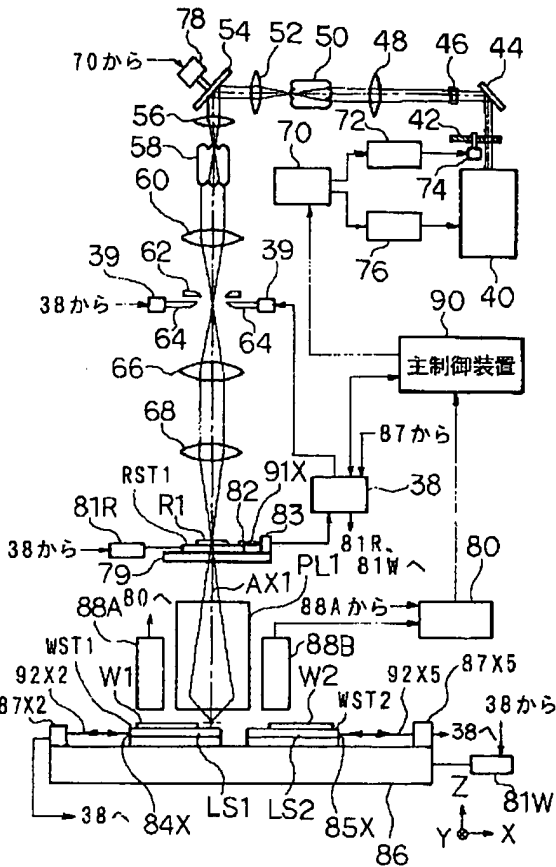
[Drawing 3]



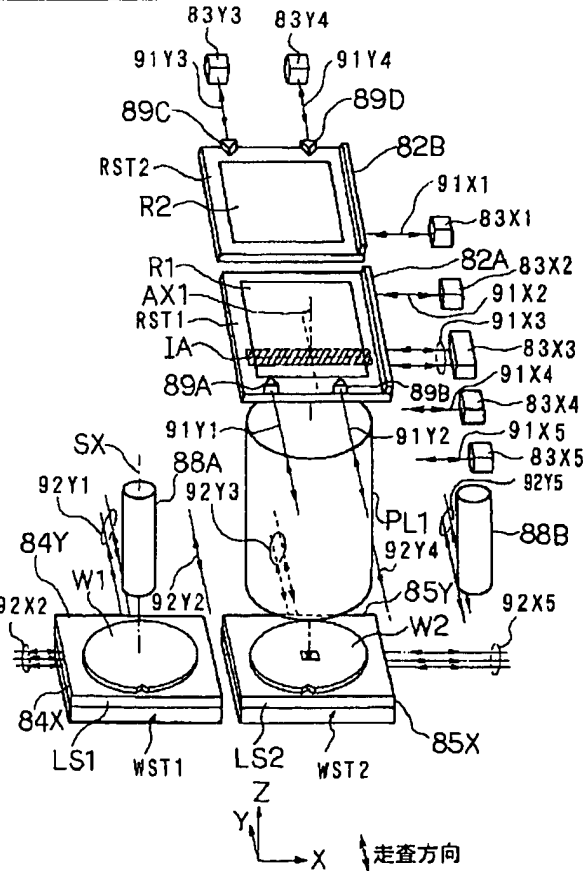
[Drawing 4]



[Drawing 5]

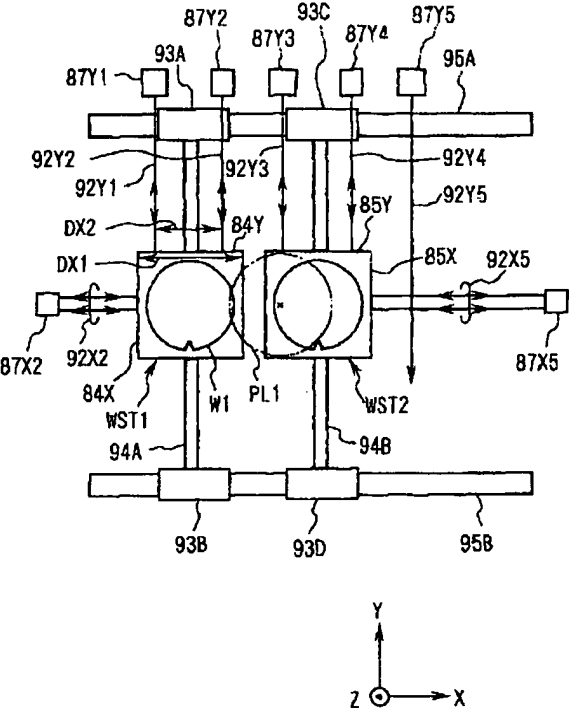


[Drawing 6]



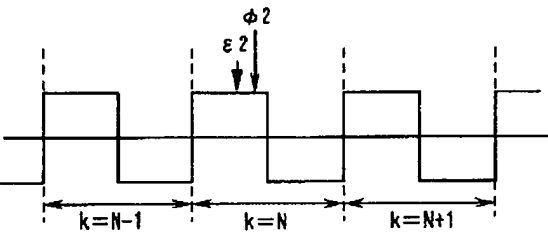


[Drawing 7]

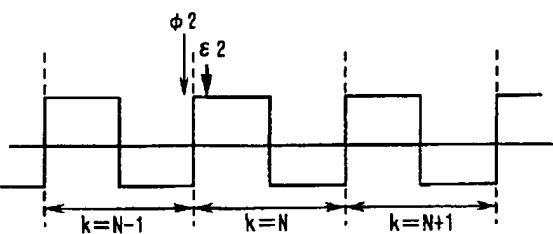


[Drawing 10]

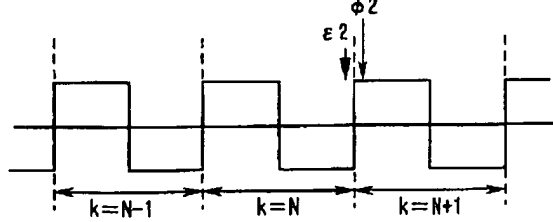
(a)  $|\phi_2 - \varepsilon_2| < \pi$



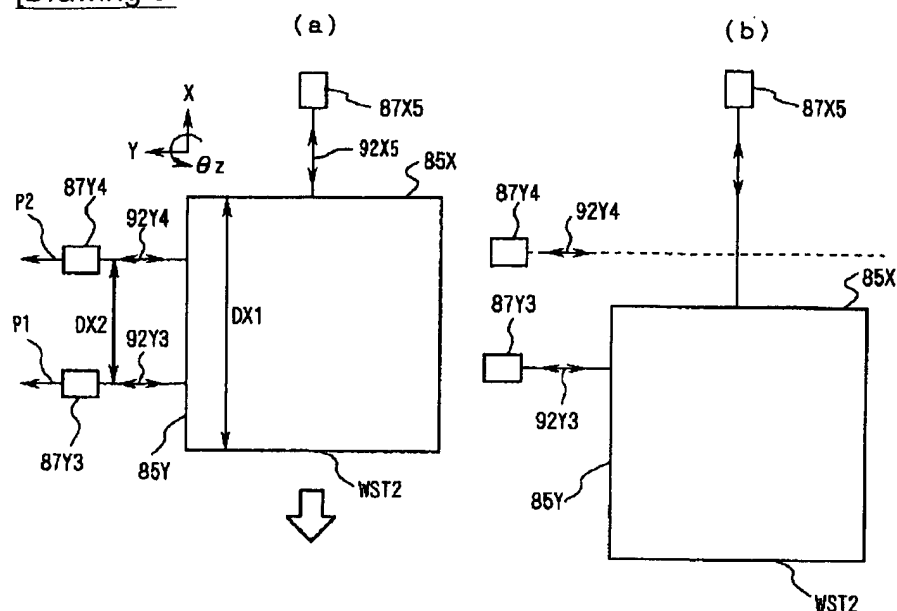
(b)  $\phi_2 - \varepsilon_2 > \pi$



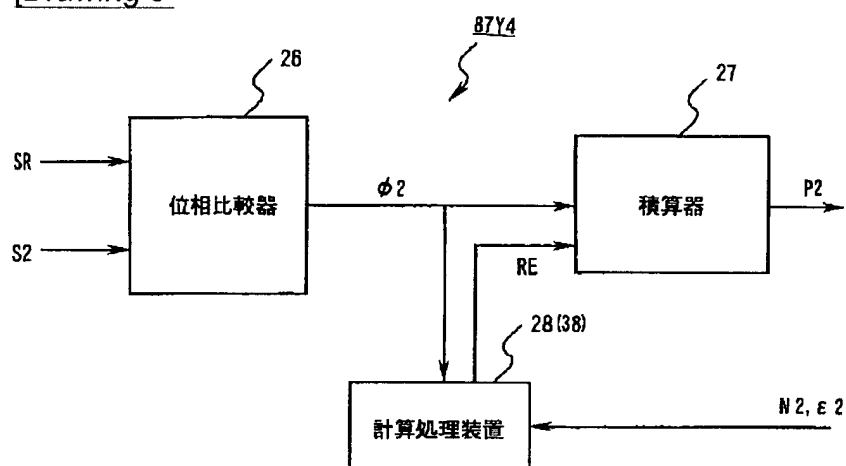
(c)  $\phi_2 - \varepsilon_2 < -\pi$



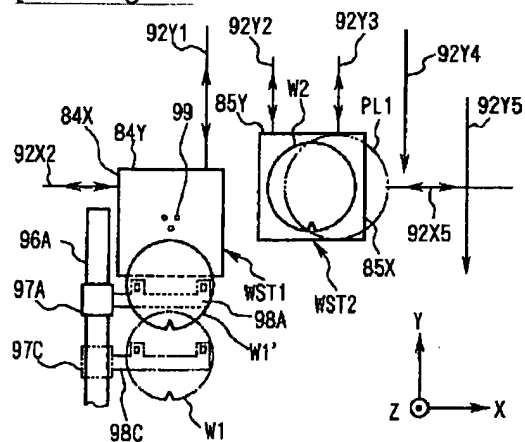
[Drawing 8]



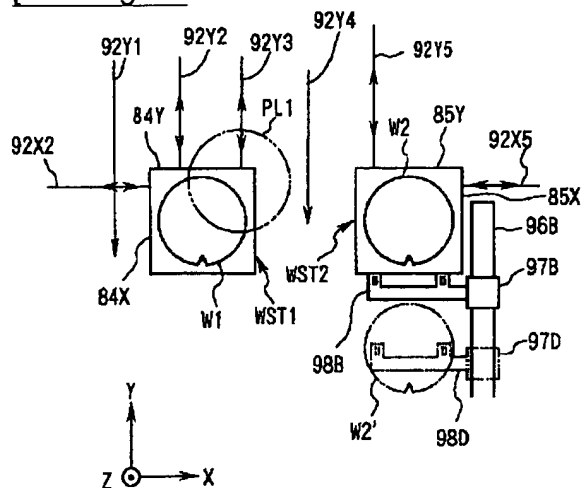
[Drawing 9]



[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-164504  
(P2000-164504A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 3 A 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/23		G 0 3 F 7/23	H 5 F 0 4 6
9/00		9/00	A

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平10-339789

(22)出願日 平成10年11月30日(1998.11.30)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 谷口 哲夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 神谷 三郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(74)代理人 100098165

弁理士 大森 聡

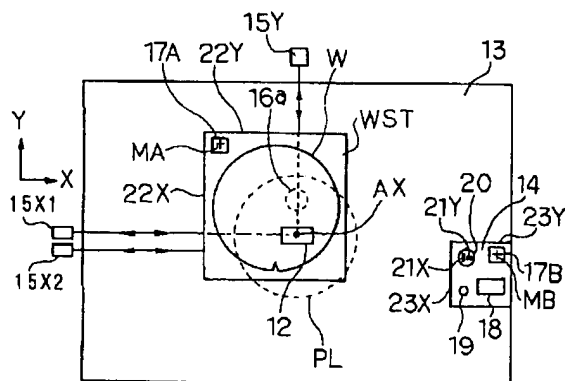
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステージ装置、露光装置、及び前記ステージ装置を用いた位置決め方法

(57)【要約】

【課題】 ステージの移動範囲を、そのステージの位置を計測する干渉計の計測範囲よりも大きくし、かつそのステージの位置を高精度に計測する。

【解決手段】 ウエハステージWSTが、側面の移動鏡22X、22Yにレーザ干渉計15X1、15X2、15Yからのレーザビームが照射されない位置から移動して、レーザ干渉計15X1、15X2、15Yの計測範囲内に入った際に、基準マークMAの位置をウエハアライメントセンサにより計測し、この計測結果に基づいてレーザ干渉計15X1、15X2、15Yの計測値の補正を行う。また、計測用ステージ14が、レーザ干渉計15X1、15X2、15Yの計測範囲内に入った際にも、同様に基準マークMBの位置をウエハアライメントセンサにより計測し、この計測結果に基づいてレーザ干渉計15X1、15X2、15Yの計測値の補正を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージと、前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の計測範囲内で計測する第1測定系と、を備えたステージ装置であって、

前記複数の可動ステージのそれぞれに対して、該可動ステージの前記計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又は前記基準位置に対する合致度を計測する第2測定系、を備え、

前記第2測定系の計測結果に基づいて前記第1測定系の計測値の補正を行うことを特徴とするステージ装置。

【請求項2】 所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージと、前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の第1の計測範囲内で計測する第1測定系と、を備えたステージ装置であって、

前記複数の可動ステージのそれぞれに対して、前記第1の計測範囲と部分的に重複する第2の計測範囲内で位置を連続的に計測する第2測定系と、

前記第1及び第2測定系の計測結果に基づいて該2つの測定系の計測結果を補正する制御系と、を設けたことを特徴とするステージ装置。

【請求項3】 請求項2記載のステージ装置であって、前記第1測定系は干渉計であり、前記第2測定系は、順次部分的に重複する計測範囲を有する複数の干渉計であることを特徴とするステージ装置。

【請求項4】 請求項1、2、又は3記載のステージ装置を備えた露光装置であって、前記ステージ装置の前記複数の可動ステージに互いに異なるパターンが形成されたマスクを載置し、前記複数の可動ステージ上のマスクのパターンを交互に位置決めを行いながら基板上に転写することを特徴とする露光装置。

【請求項5】 請求項1、2、又は3記載のステージ装置を備えた露光装置であって、前記ステージ装置の前記複数の可動ステージの第1の可動ステージ上にマスクを載置し、第2の可動ステージ上に前記マスクのパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置を載置し、前記マスクのパターンを基板上に転写することを特徴とする露光装置。

【請求項6】 請求項1、2、又は3記載のステージ装置を備えた露光装置であって、前記ステージ装置の前記複数の可動ステージ上にそれぞれ基板を載置し、前記複数の可動ステージを交互に露光位置に位置決めしながら、前記複数の基板上に交互に所定のマスクパターンを露光することを特徴とする露光装置。

【請求項7】 請求項1、2、又は3記載のステージ装置と、投影光学系と、を備えた露光装置であって、前記ステージ装置の前記複数の可動ステージの第1の可動ステージ上に基板を載置し、第2の可動ステージ上に前記投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置を載置し、前記第1の可動ステージ上の基板上に所定のマスクパターンを前記投影光学系を介して露光することを特徴とする露光装置。

10 【請求項8】 請求項1記載のステージ装置を用いた位置決め方法であって、前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージが前記第1測定系の計測範囲内に入った際に、該可動ステージの前記計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又は前記基準位置に対する合致度を前記第2測定系により計測し、該計測結果に基づいて前記第1測定系の計測値の補正を行うことを特徴とするステージ装置を用いた位置決め方法。

20 【請求項9】 請求項2、又は3記載のステージ装置を用いた位置決め方法であって、前記複数の可動ステージの内の一つの可動ステージが前記第2の計測範囲側から前記第1の計測範囲内に入る際に、前記第1及び第2測定系によって同時に前記可動ステージの位置を計測し、該計測結果に基づいて前記第1測定系の計測結果を前記第2測定系の計測結果に合わせることを特徴とするステージ装置を用いた位置決め方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30 【発明の属する技術分野】本発明は、例えば加工対象物等を位置決めするためのステージ装置、及びそのステージ装置を備え、半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光装置に関し、特に結像特性計測機構等の種々の機構を備えた露光装置に使用して好適なものである。

## 【0002】

40 【従来の技術】半導体素子等を製造する際に使用される一括露光型（ステッパ型）、又は走査露光型（ステップ・アンド・スキャン方式等）の露光装置には高い露光精度が要求されている。そのため、従来より露光装置においては、マスクとしてのレチクルを載置して位置決めするレチクルステージ、又は基板としてのウエハを載置して2次元移動するウエハステージには、それぞれその側面に移動鏡が固定されており、レーザ干渉計等の干渉計からその移動鏡に計測ビームを照射することによって、当該ステージの移動量が常時連続的に測定され、この測定値に基づいて高精度にステージの位置決めが行えるようになっている。このようなステージ装置においては通常は、可動ステージの2次元方向の移動成分、及び

回転成分という3自由度の変位計測を3軸の干渉計により実現している。

【0003】ところが、このような従来のステージ装置では、可動ステージの最大移動範囲(可動範囲)の全ての領域で各干渉計からの測定ビームが常に移動鏡にそれぞれ照射されている必要があるため、移動鏡は、可動ステージが移動しても各干渉計からの測定ビームを反射し続けるように、その寸法は可動範囲より大きくしておく必要があった。

【0004】このため、可動ステージの可動範囲を広げようとする、大型の移動鏡が必要になり、それに伴ってステージ全体の形状も大きくなり、そのためステージが重くなってしまい高速で移動させることが困難になるという問題が生じる。また、大型の移動鏡を所定の平面度で加工するには多大な技術的困難が伴い、さらに、大きな移動鏡に撓みを生じさせずに可動ステージの側面に固定することも技術的には多大の困難がある。ところが、移動鏡の平面度の低下は、干渉計によるステージの位置決め精度の低下に直接的につながるため、最終的に可動ステージの可動範囲を制限せざるを得ないという問題が生じている。

【0005】このような問題を解決するためのステージ装置として、例えば特開平7-253304号公報に開示されているものがある。この開示されたステージ装置は、可動ステージの変位の自由度の数(例えば、3自由度とする)よりも多い数の干渉計(例えば、4軸)を設置することによって、一の干渉計からの測定ビームが移動鏡の測定範囲から外れても、残りの干渉計により当該ステージの移動の自由度分の測定ができるようにしている。そして、移動鏡から外れたその一の干渉計の測定範囲内に再度移動鏡が入ったら、残りの干渉計での測定値をその一の干渉計の初期値として設定することにより、その一の干渉計により可動ステージの移動量を測定できるようにして、移動鏡の大きさを可動ステージの可動範囲よりも小さくしている。

【0006】また、これらの露光装置では、常に適正な露光量で、且つ高い結像特性を維持した状態で露光を行う必要があるため、レチクルの位置決めを行うレチクルステージ、又はウエハの位置決めを行うウエハステージには、露光光の照度等の状態、及び投影倍率等の結像特性を計測するための計測装置が備えられている。例えばウエハステージに備えられている計測装置としては、投影光学系に対する露光光の入射エネルギーを計測するための照射量モニタ、及び投影像の位置やコントラスト等を計測するための空間像検出系等がある。一方、レチクルステージ上に備えられている計測装置としては、例えば投影光学系の結像特性計測用に用いられる指標マークが形成された基準板がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く従来の露光

装置においては、レチクルステージ、又はウエハステージに設けられた計測装置を用いて、露光量の適正化が図られると共に、高い結像特性が維持されていた。これに対して、最近の露光装置には、半導体素子等を製造する際の露光工程のスループット(生産性)を高めることも要求されている。スループットを向上させるための方法としては、単位時間当たりの露光エネルギーを増加させる方法の他に、ステージの駆動速度を大きくして、一括露光型ではステッピング時間を短縮し、走査露光型ではステッピング時間及び走査露光時間を短縮する方法がある。

【0008】このようにステージの駆動速度を向上させるには、ステージ系が同じ大きさである場合にはより大きい出力の駆動モータを使用すればよく、逆に従来と同じ出力の駆動モータで駆動速度を向上させるには、ステージ系を小型化、軽量化する必要がある。ところが、前者のようにより大きい出力の駆動モータを使用すると、その駆動モータから発生する熱量が増大する。このように増大する熱量は、ステージ系の微妙な熱変形を生じて、露光装置で要求されている高い位置決め精度が得られなくなる恐れがある。そこで、位置決め精度の劣化を防止して、駆動速度を向上するには、後者のようにステージ系をできるだけ小型化、軽量化することが望まれる。

【0009】特に、走査露光型の露光装置では、駆動速度の向上によって走査露光時間も短縮されてスループットが大きく改善されると共に、ステージ系の小型化によってレチクルとウエハとの同期精度も向上して、結像性能や重ね合わせ精度も向上するという大きな利点がある。ところが、従来のようにレチクルステージ、又はウエハステージに各種計測装置が備えられている場合には、ステージを小型化するのは困難である。

【0010】更に、レチクルステージ、又はウエハステージに露光光の状態、又は結像特性等を計測するための計測装置が備えられている場合、その計測装置には通常アンプ等の熱源が付属していると共に、計測中に露光光の照射によってその計測装置の温度が次第に上昇する。その結果、レチクルステージ、又はウエハステージが微妙に熱変形して、位置決め精度や重ね合わせ精度等が劣化する恐れもある。現状では、計測装置の温度上昇による位置決め精度等の劣化は僅かなものであるが、今後、半導体素子等の回路パターンが一層微細化するにつれて、計測装置の温度上昇の影響を抑制する必要性が高まると予想される。

【0011】これに関して、前述の特開平7-253304号公報に開示されたステージ装置を使用することによって、可動ステージの可動範囲に比べて移動鏡の長さを小さくすることができるが、この場合でも可動ステージ自体の小型化にはあまり寄与できない。従って、露光工程のスループットの向上、及び露光光の照射熱の影響

の軽減を図るためには、更に別の工夫が必要である。

【0012】また、露光装置、特に投影露光装置では、スループット向上の他に解像度、焦点深度(DOF: Depth of Focus)、及び線幅制御精度等を向上させることも求められている。ここで、露光波長を $\lambda$ とし、投影光学系の開口数をN.A.とすると、解像度Rは $\lambda/N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda/(N.A.)^2$ に比例する。このため、解像度Rを向上させる(Rの値を小さくする)ために、単に露光波長 $\lambda$ を小さくして、開口数N.A.を大きくすると、焦点深度DOFが小さくなり過ぎてしまう。

【0013】これに関して、デバイスを製造するためには、ライン・アンド・スペース(L/S)パターンのような周期的パターン、及びコンタクトホール(CH)パターンのような孤立的パターン等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要がある。そして、最近、例えば周期的パターンに関しては、特開平4-225514号公報に開示されているように、いわゆる変形照明法によって焦点深度を狭くすることなく、解像度を向上させる技術が開発されている。また、位相シフトレチクル法も開発されている。同様に、孤立的パターンに関しても、例えば照明光のコヒーレンスファクタを制御する等の方法で実質的に焦点深度等を向上させる技術が開発されている。

【0014】このような技術動向を背景にして、実質的に焦点深度を浅くし過ぎることなく解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直されている。即ち、二重露光法を適用すれば、或るレイヤ用のレチクルパターンを種類に応じて複数のレチクルパターンに分割し、それぞれを最適な照明条件、及び露光条件で重ねて露光することによって、全体として広い焦点深度、及び高い解像度が得られる。最近では、この二重露光法をKrFエキシマレーザ、更にはArFエキシマレーザを露光光として用いる投影露光装置に適用して、例えば線幅が0.1 $\mu$ mまでのL/Sパターンを含むデバイスのパターンを露光しようという試みも検討されている。

【0015】ところが、この二重露光法を1台のウエハステージを持つ投影露光装置に適用しようとすると、アライメントや露光等の工程をシリアルに繰り返して実行する必要があるために、スループットが大幅に劣化するという不都合がある。そこで、スループットを高めるために、ウエハステージを複数台設けて、アライメントと露光とを並列に実行できるようにした投影露光装置も提案されている。しかしながら、このように複数台のウエハステージを設ける場合、各ウエハステージの可動ステージの位置を単に干渉計で計測するものとする、各可動ステージが大きく移動する際に、対応する干渉計の計測ビームが途切れるために、各可動ステージを例えば交互に露光位置に位置決めする際に、各可動ステージを迅速に再現性を持つ状態で位置決めするのが困難であると

いう不都合があった。

【0016】本発明は斯かる点に鑑み、複数の機能を実行できる状態で可動部を小型化して、その可動部を高速に移動できると共に、その可動部の位置を再現性を有する状態で高精度に計測できるステージ装置を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、二重露光等を行うために、複数の可動部を設けた場合に、各可動部をそれぞれ目標とする位置に再現性を有する状態で迅速に位置決めできるステージ装置を提供することを第2の目的とする。

【0017】更に、本発明は、そのようなステージ装置を備え、レチクルのパターンを転写する際の特性、又は投影光学系の結像特性等を計測する機能を維持した状態で、レチクル、又はウエハを位置決めするための可動部を小型化できる露光装置を提供することを第3の目的とする。更に本発明は、そのようなステージ装置を備え、高いスループットで二重露光法等を実施できる露光装置を提供することを第4の目的とする。

【0018】また、本発明はそのようなステージ装置を用いて迅速に位置決めを行うことができる位置決め方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明による第1のステージ装置は、所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージ(WST、14)と、その複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の計測範囲内で計測する第1測定系(15X1、15X2、15Y)とを備えたステージ装置であって、その複数の可動ステージのそれぞれに対して、この可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又はその基準位置に対する合致度を計測する第2測定系(16、17A、17B)を備え、その第2測定系の計測結果に基づいてその第1測定系の計測値の補正を行うものである。

【0020】斯かる本発明の第1のステージ装置によれば、例えば露光、及び特性計測等の複数の機能を実行する場合に、各機能毎(又は複数の機能群毎)に可動ステージを割り当てて複数の可動ステージ(可動部)を設ける。これによって、各可動ステージは小型化できるため、それぞれ高速に駆動できるようになる。ところが、単に複数の可動ステージを設けて、その第1測定系として相対変位測定系、例えば一軸のレーザ干渉計を設けた場合には、各可動ステージが大きく移動すると、レーザ干渉計の計測ビームが途切れるために、何等かの原点設定動作が必要になる。そこで、本発明では、一種の絶対値測定系としてその第2測定系(16、17A、17B)を設けた。

【0021】そして、その複数の可動ステージの内の一つの可動ステージ(WST)が、その第1測定系の計測

範囲の外部からその計測範囲内に入った際に、その第2測定系（絶対値測定系）によりその可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量を計測し、例えばこの位置ずれ量をその第1測定系の計測値にプリセットすることで、その第1測定系の計測値がその可動ステージの位置を再現性を有する形で正確に示すようになる。又は、その第2測定系が合致度（例えば2つのランダムパターン同士の合致度）を計測する場合には、その合致度が所定のレベル以上となった場合に、その第1測定系の計測値をリセットするか、若しくは所定値にプリセットすればよい。これによって、各可動ステージは迅速に再現性を有する状態で高精度に位置決めされる。

【0022】次に、本発明による第2のステージ装置は、所定の移動面に沿って互いに独立に移動自在に配置された複数の可動ステージ（WST1、WST2）と、その複数の可動ステージの内の一つの可動ステージの位置を所定の第1の計測範囲内で計測する第1測定系（87Y3）とを備えたステージ装置であって、その複数の可動ステージのそれぞれに対して、その第1の計測範囲と部分的に重複する第2の計測範囲内で位置を連続的に計測する第2測定系（87Y2、87Y4）と、その第1及び第2測定系の計測結果に基づいてこの2つの測定系の計測結果を補正する制御系（38）と、を設けたものである。

【0023】斯かる本発明の第2のステージ装置によれば、例えば二重露光を行うために複数の可動ステージ（WST1、WST2）が設けられる。この結果、その第1測定系として、例えば相対変位測定系としての1軸のレーザ干渉計を使用すると、各可動ステージを大きく移動させた場合に、そのレーザ干渉計の計測ビームから外れてしまうため、如何にして再現性を有する形で各可動ステージを位置決めするかが問題となる。これに対して、本発明ではその第1測定系としても例えば相対変位測定系としての1軸（又は複数軸）のレーザ干渉計を使用する。そして、その複数の可動ステージの内の一つの可動ステージが、例えばその第1の計測範囲側からその第2の計測範囲内に入る際には、その第1測定系及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測し、その第1測定系の計測値をその可動ステージの回転角に応じて補正した値をその第2測定系の計測値にプリセットすることによって、その第1測定系の測定値がその第2測定系に受け渡される。これ以降は、その第2測定系を用いてその可動ステージを再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

【0024】この場合、その第1測定系、及び第2測定系はそれぞれ干渉の次数（整数） $N_1$ 、 $N_2$ 、位相（rad） $\phi_1$ 、 $\phi_2$ （これはヘテロダイン干渉方式では例えば参照信号と測定信号との位相差に相当する）、及び計測ビームの波長 $\lambda$ の関数 $f(\lambda)$ を用いて、 $f(\lambda)$

$\{N_1 + \phi_1 / (2\pi)\}$  及び  $f(\lambda) \{N_2 + \phi_2 / (2\pi)\}$  の形で可動ステージの位置を計測するようにしてもよい。そして、その第2測定系の計測が可能となつて、その第1測定系及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測したときには、その第1測定系の計測値、及びその可動ステージの回転角よりその第2測定系の干渉の次数 $N_2'$ 、及び位相 $\phi_2'$ を推定し、その次数 $N_2'$ 、位相 $\phi_2'$ 、及びその第2測定系で計測される位相 $\phi_2$ より、その第2測定系の次数 $N_2$ のプリセット値を決定することが望ましい。この後はその第2測定系の計測値を  $f(\lambda) \{N_2 + \phi_2 / (2\pi)\}$  とすることで、その可動ステージの回転角の計測誤差等が或る程度生じて、その第2測定系の固有の再現精度でその可動ステージの位置を計測できる。また、関数  $f(\lambda)$  は、一例として2以上の整数 $m$ を用いて  $\lambda/m$  である。

【0025】次に、本発明による第1の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（RST1、RST2）に互いに異なるパターンが形成されたマスク（R1、R2）を載置し、その複数の可動ステージ上のマスクのパターンを交互に位置決めを行いながら基板（W1）上に転写するものである。

【0026】斯かる本発明の第1の露光装置によれば、二重露光法を用いて露光を行うことができ、解像度、及び焦点深度の向上を図ることができる。また、本発明のステージ装置を備えているため、例えばレーザ干渉計によりその可動ステージの位置を計測する場合には、その可動ステージに設置する移動鏡をその可動ステージの移動範囲よりも小さくすることができ、その可動ステージの重量を小さくすることができる。従って、その可動ステージを高速に移動させることが容易になり、スループットの向上を図ることができる。

【0027】次に、本発明による第2の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（RST、5）の第1の可動ステージ（RST）上にマスク（R）を載置し、第2の可動ステージ（5）上にそのマスクのパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置（6）を載置し、そのマスク（R）のパターンを基板（W）上に転写するものである。

【0028】斯かる本発明の第2の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージ（RST）には露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、そのマスク（R）のパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置（6）は、別の第2の可動ステージ（5）に搭載されるため、そのマスクの



パターンを転写する際の特性を計測することもできる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

【0029】次に、本発明による第3の露光装置は、本発明のステージ装置を備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（WST1、WST2）上にそれぞれ基板（W1、W2）を載置し、その複数の可動ステージを交互に露光位置に位置決めしながら、その複数の基板上に交互に所定のマスクパターンを露光するものである。

【0030】斯かる本発明の第3の露光装置によれば、その複数の可動ステージ（WST1、WST2）の内の一方の可動ステージ（WST1）で露光動作を行いながら、別の可動ステージ（WST2）では基板の搬入搬出及びアライメント動作を行うことができ、スループットの向上を図ることができる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

【0031】次に、本発明による第4の露光装置は、本発明のステージ装置と、投影光学系（PL）とを備えた露光装置であって、そのステージ装置のその複数の可動ステージ（WST、14）の第1の可動ステージ（WST）上に基板（W）を載置し、第2の可動ステージ（14）上にその投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置（20）を載置し、その第1の可動ステージ上の基板上に所定のマスクパターンをその投影光学系を介して露光するものである。

【0032】斯かる本発明の第4の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージ（WST）には露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージ（WST）の小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、その投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置（20）は、別の第2の可動ステージ（14）に搭載されるため、結像特性も計測できる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

【0033】次に、本発明による第1の位置決め方法は、本発明のステージ装置を用いた位置決め方法であって、その複数の可動ステージ（WST、14）の内の一つの可動ステージ（WST）がその第1測定系の計測範囲内に入った際に、この可動ステージのその計測範囲内の所定の基準位置からの位置ずれ量、又はその基準位置に対する合致度をその第2測定系により計測し、この計測結果に基づいてその第1測定系の計測値の補正を行うものである。斯かる位置決め方法によれば、その複数の可動ステージをそれぞれ容易に再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

【0034】次に、本発明による第2の位置決め方法は、本発明のステージ装置を用いた位置決め方法であって、その複数の可動ステージ（WST1、WST2）の内の一つの可動ステージがその第2の計測範囲側からその第1の計測範囲内に入る際に、その第1及び第2測定系によって同時にその可動ステージの位置を計測し、この計測結果に基づいてその第1測定系の計測結果をその第2測定系の計測結果に合わせるものである。斯かる位置決め方法によれば、その複数の可動ステージをそれぞれ容易に再現性を有する状態で高精度に位置決めできる。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態につき図1～図4を参照して説明する。本例はステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は、本例の投影露光装置を示し、この図1において、露光時には、露光光源、ビーム整形光学系、照度分布均一化用のフライアイレンズ、光量モニタ、可変開口絞り、視野絞り、及びリレーレンズ系等を含む照明系1から射出された露光光ILは、ミラー2、及びコンデンサレンズ3を介してレチクルRのパターン面（下面）のスリット状の照明領域を照明する。露光光ILとしては、KrF（波長248nm）、若しくはArF（波長193nm）等のエキシマレーザ光、YAGレーザの高調波、又は水銀ランプのi線（波長365nm）等が使用できる。照明系1内の可変開口絞りを切り換えることによって、通常の照明方法、輪帯照明、いわゆる変形照明、及び小さいコヒーレンスファクタ（ $\sigma$ 値）の照明等の内の所望の照明方法を選択できるように構成されている。露光光源がレーザ光源である場合には、その発光タイミング等は装置全体の動作を統制制御する主制御系10が、不図示のレーザ電源を介して制御する。

【0036】レチクルRのその露光光ILによる照明領域9（図3参照）内のパターンの像は、投影光学系PLを介して投影倍率 $\beta$ （ $\beta$ は、1/4倍、又は1/5倍等）で縮小されて、フォトレジストが塗布されたウエハ（wafer）W上のスリット状の露光領域12に投影される。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向に直交する非走査方向（即ち、図1の紙面に垂直な方向）に沿ってX軸を取り、走査方向（即ち、図1の紙面に平行な方向）に沿ってY軸を取って説明する。

【0037】まず、レチクルRは、レチクルステージRST上に真空吸着によって保持され、レチクルステージRSTは、平行に配置された2本のガイド4A及び4B上にエアベアリングを介してY方向に移動自在に載置されている。更に本例では、ガイド4A及び4B上に、レチクルステージRSTとは独立にエアベアリングを

介してY方向に移動自在に計測用ステージ5が載置されている。

【0038】図3は、レチクルステージRST及び計測用ステージ5を示す平面図であり、この図3において、Y方向（走査方向）に伸びたガイド4A及び4Bに沿って、それぞれ不図示のリニアモータ等によってY方向に駆動されるようにレチクルステージRST、及び計測用ステージ5が載置されている。ガイド4A、4Bの長さは、走査露光時のレチクルステージRSTの移動ストロークよりも、少なくとも計測用ステージ5の幅分だけ長く設定されている。また、レチクルステージRSTは、Y方向に移動する粗動ステージと、この粗動ステージ上で2次元的な位置が微調整できる微動ステージとを組み合わせ構成されている。更に、レチクルマークステージRST上には、レチクルRをX方向に挟むような位置関係で1対の基準マーク板17C1、17C2が固定され、基準マーク板17C1、17C2にそれぞれ二次元の例えば十字型の基準マークMC1、MC2が形成されている。基準マークMC1、MC2とレチクルRの原版

パターンとの位置関係は予め高精度に計測されて、主制御系10の記憶部に記憶されている。

【0039】そして、計測用ステージ5上にX方向に細長いガラス板よりなる基準板6が固定され、基準板6上に投影光学系PLの結像特性計測用の複数の指標マークIMが所定配置で形成されている。基準板6は、レチクルRに対する露光光のスリット状の照明領域9、より正確には投影光学系PLのレチクルR側の視野のX方向の幅を覆うことができるだけの大きさを備えている。基準板6を使用することで、結像特性計測用の専用レチクルを用意しておく必要がなく、且つ、実露光用のレチクルRとその専用レチクルとの交換時間も不要となるため、結像特性を高頻度に計測でき、投影光学系PLの経時変化に正確に追従することができる。また、計測用ステージ5にも、X方向（非計測方向）に対する微小範囲での位置決め機構が備えられていると共に、計測用ステージ5上に、基準板6をX方向に挟むように1対の基準マーク板17D1、17D2が固定され、基準マーク板17D1、17D2にそれぞれ二次元の例えば十字型の基準マークMD1、MD2が形成されている。基準マークMD1、MD2と複数の指標マークIMとの位置関係も予め正確に計測されて、主制御系10の記憶部に記憶されている。

【0040】このように本例では、基準板6用の計測用ステージ5が独立に設けられ、本来のレチクルステージRST上には、レチクルRの他に計測用の部材は搭載されていない。即ち、レチクルステージRSTは、走査露光のために必要最小限の走査、及び位置決め機能のみを備えればよいとため、レチクルステージRSTの小型化、軽量化が実現されている。従って、レチクルステージRSTをより高速に走査できるため、露光工程のスループ

ットが向上する。特に縮小投影の場合には、レチクルステージRSTの走査速度はウエハステージの走査速度の $1/\beta$ 倍（例えば4倍、5倍等）になるため、走査速度の上限はレチクルステージではほぼ決定されることがあり、この場合には本例では特にスループットが大きく向上する。

【0041】また、ガイド4A、4Bに対して+Y方向に設置されたレーザ干渉計7YからレチクルステージRSTの+Y方向の側面の移動鏡24Yにレーザビームが照射され、+X方向に設置された2軸のレーザ干渉計7X1、7X2からレチクルステージRSTの+X方向の側面の移動鏡24Xにレーザビームが照射され、レーザ干渉計7Y、7X1、7X2によってレチクルステージRSTのX座標、Y座標、及び回転角が計測され、計測値が図1の主制御系10に供給され、主制御系10はその計測値に基づいてリニアモータ等を介してレチクルステージRSTの速度や位置を制御する。また、ガイド4A、4Bに対して-Y方向に設置されたレーザ干渉計8Yから計測用ステージ5の-Y方向の側面の移動鏡25Yにレーザビームが照射され、レーザ干渉計8Yによって計測される計測用ステージ5のY座標が主制御系10に供給されている。Y軸のレーザ干渉計7Y及び8Yの光軸は、それぞれY方向に沿って照明領域9の中心、即ち投影光学系PLの光軸AXを通過しており、レーザ干渉計7Y及び8Yは、それぞれ常時レチクルステージRST及び計測用ステージ5の走査方向の位置を計測している。

【0042】なお、レチクルステージRSTの直交する側面を鏡面加工しておき、これらの鏡面を移動鏡24X、24Yとみなしてもよく、計測用ステージ5の直交する側面を鏡面加工しておき、これらの鏡面を移動鏡25X、25Yとみなしてもよい。更に、本例では図1に示すように、レチクルRの上方に、レチクルR上に形成されたアライメントマーク（レチクルマーク）と、対応するウエハステージ上の基準マーク（不図示）との位置ずれ量を検出するための1対のレチクルアライメント顕微鏡RA及びRBが配置されている。レチクルアライメント顕微鏡RA、RBの検出中心を通る直線はX軸に平行であり、それらの検出中心の中心は、光軸AXに合致している。本例では、本発明の第2測定系（絶対値測定系）に対応するレチクルアライメント顕微鏡RA、RBを用いて、図3に示すレチクルステージRST上の基準マークMC1、MC2、及び計測用ステージ5上の基準マークMD1、MD2の位置を検出する。

【0043】そして、結像特性の計測時に、レチクルステージRSTを+Y方向に待避させて、基準板6がほぼ照明領域9を覆うように計測用ステージ5をY方向に移動すると、レーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームがレチクルステージRSTの側面から外れて計測用ステージ5の+X方向の移動鏡25Xに照射されるよう

になる。このとき、レチクルアライメント顕微鏡RA、RBにより基準板6上の基準マークMD1、MD2の検出中心(視野の中心)からの位置ずれ量をそれぞれ検出し、図1の主制御系10は、基準マークMD1、MD2の中心がそれぞれ対応する検出中心に対して対称に、かつ最も位置ずれ量が小さくなるように計測用ステージ5を位置決めする。そして、この状態で、X軸のレーザ干渉計7X1、7X2の計測値をそれぞれリセットする。なお、それらの計測値を例えば所定の値にプリセットしてもよい。

【0044】この後は、レーザ干渉計7X1、7X2により計測用ステージ5のX方向の位置、及び回転角が再現性を有する状態で高精度に計測され、計測用ステージ5のY方向の位置はレーザ干渉計8Yによって常時高精度に計測されている。従って、これらの計測値に基づいて主制御系10は、リニアモータ等を介して計測用ステージ5の位置を高精度に制御することができる。なお、上記のように基準マークMD1、MD2の位置ずれ量を最小にする代わりに、それらの位置ずれ量に基づいて、レーザ干渉計7X1、7X2の計測値をそれぞれ対応する値にプリセットするようにしてもよい。

【0045】一方、計測中には、レチクルステージRSTの非走査方向の位置は計測されないが、露光のためにレチクルステージRSTが照明領域9下に達すれば、再びレーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームがレチクルステージRSTの移動鏡24Xに照射されるようになる。そして、計測用ステージ5の場合と同様に、レチクルアライメント顕微鏡RA、RBを用いてレチクルステージRST上の基準マークMC1、MC2の位置ずれ量を検出し、主制御系10は、それらの位置ずれ量が対称に、かつ最も小さくなるようにレチクルステージRSTを位置決めした状態で、レーザ干渉計7X1、7X2の計測値を所定の値にプリセットする。この後は、再現性のある状態でレチクルステージRSTのX方向の位置、及び回転角の計測が行われ、Y方向の位置はレーザ干渉計7Yによって常時計測されているため、レチクルステージRSTを高精度に所望の位置に位置決めすることができる。従って、レーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームが途切れることの不都合は無い。

【0046】図1に戻り、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージWST上に保持され、ウエハステージWSTは定盤13上にエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に載置されている。ウエハステージWSTには、ウエハWのZ方向の位置(フォーカス位置)、及び傾斜角を制御するフォーカス・レベリング機構も組み込まれている。また、定盤13上にウエハステージWSTとは別体でエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に各種の計測装置が備えられた計測用ステージ14が載置されている。計測用ステージ14にも、その上面のフォーカス位置を制御する機

構が組み込まれている。

【0047】図2は、ウエハステージWST、及び計測用ステージ14を示す平面図であり、この図2において、定盤13の表面の内部には例えば所定の配列でコイル列が埋め込まれ、ウエハステージWSTの底面、及び計測用ステージ14の底面にはそれぞれヨークと共に磁石列が埋め込まれ、そのコイル列、及び対応する磁石列によってそれぞれ平面モータが構成され、この平面モータによってウエハステージWST、及び計測用ステージ14のX方向、Y方向の位置、及び回転角が互いに独立に制御されている。なお、平面モータについては、例えば特開平8-51756号公報においてより詳細に開示されている。

【0048】本例のウエハステージWSTは、露光に必要な最小限の機能のみを備えている。即ち、ウエハステージWSTは、フォーカス・レベリング機構を備えると共に、ウエハステージWST上には、ウエハWを吸着保持するウエハホルダ(ウエハWの底面側)と、ウエハステージWSTの位置計測用の基準マークMAが形成された基準マーク板17Aとが設置されている。基準マーク板17A上には、レチクルアライメント用の基準マーク(不図示)も形成されている。

【0049】また、図1に示すように、ウエハWのアライメント用のオフ・アクシス方式で画像処理方式のウエハアライメントセンサ16が投影光学系PLに隣接して設けられており、ウエハアライメントセンサ16の検出信号が主制御系10内のアライメント処理系に供給されている。ウエハアライメントセンサ16は、ウエハW上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク(ウエハマーク)の位置計測用のセンサである。本例では、ウエハアライメントセンサ16を用いて、ウエハステージWST上の基準マークMA等の位置検出を行う。即ち、ウエハアライメントセンサ16は、本発明の第2測定系(絶対値測定系)に対応している。

【0050】また、計測用ステージ14の表面は、ウエハステージWST上のウエハWの表面とほぼ同じ高さに設定されている。そして、図2において、計測用ステージ14には、投影光学系PLを通過した露光光の全部の単位時間当たりのエネルギー(入射エネルギー)を計測するための光電センサよりなる照射量モニタ18、投影光学系PLによるスリット状の露光領域12内での照度分布を計測するための光電センサよりなる照度むらセンサ19、結像特性測定用のスリット21X、21Yが形成された測定板20、及び位置基準となる基準マークMBが形成された基準マーク板17Bが固定されている。基準マークMBと照度むらセンサ19等との位置関係は予め高精度に計測されて、図1の主制御系10の記憶部に記憶されている。基準マークMBの位置もウエハアライメントセンサ16によって計測される。

【0051】測定板20のX軸のスリット21X、及び

10

20

30

40

50

Y 軸のスリット 21 Y の底面側にはそれぞれ集光レンズ、及び光電センサが配置され、測定板 20、及び光電センサ等より空間像検出系が構成されている。なお、そのスリット 21 X、21 Y の代わりに、矩形開口のエッジを使用してもよい。そして、照射量モニタ 18 の受光面は、露光領域 12 を覆う大きさに形成されると共に、照度むらセンサ 19 の受光部はピンホール状となっており、照射量モニタ 18 及び照度むらセンサ 19 の検出信号は図 1 の主制御系 10 に供給されている。

【0052】また、測定板 20 の底部の光電センサの検出信号は図 1 の結像特性演算系 11 に供給されている。この場合、投影光学系 PL の結像特性の計測時には、図 3 のレチクル側の計測用ステージ 5 上の基準板 6 が照明領域 9 に移動され、基準板 6 に形成されている指標マーク IM の像がウエハステージ側に投影され、その像を計測板 20 上のスリット 21 X、21 Y でそれぞれ X 方向、Y 方向に走査しつつ、底部の光電センサからの検出信号を結像特性演算系 11 で取り込む。結像特性演算系 11 では、その検出信号を処理してその指標マーク IM の像の位置、及びコントラスト等を検出し、この検出結果より投影像の像面湾曲、ディストーション、ベストフォーカス位置等の結像特性を求めて主制御系 10 に出力する。更に、不図示であるが、投影光学系 PL 内の所定のレンズを駆動して所定のディストーション等の結像特性を補正する機構も設けられており、主制御系 10 はこの補正機構を介して投影光学系 PL の結像特性を補正できるように構成されている。

【0053】図 2 において、計測用ステージ 14 に備えられている照射量モニタ 18、照度むらセンサ 19、及び測定板 20 の底部の光電センサ等のセンサには、何れもアンプ等の発熱源、及び電源や通信用の信号ケーブルが接続されている。従って、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST に搭載されていると、センサに付随する熱源や信号ケーブルの張力によって位置決め精度等が劣化する恐れがある。また、結像特性等の計測中の露光光の照射による熱エネルギーも位置決め精度の悪化等を招く恐れがある。これに対して本例では、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST から分離された計測用ステージ 14 に設けられているため、ウエハステージ WST を小型化、軽量化できると共に、計測用のセンサの熱源や計測中の露光光の熱エネルギーによる位置決め精度の低下が防止できる利点がある。更に、ウエハステージ WST の小型化によって、ウエハステージ WST の移動速度や制御性が向上し、露光工程のスループットが高まると共に、位置決め精度等がより向上する。

【0054】また、定盤 13 に対して +Y 方向に設置されたレーザ干渉計 15 Y からウエハステージ WST の +Y 方向の側面の移動鏡 22 Y にレーザビームが照射され、-X 方向に設置された 2 軸のレーザ干渉計 15 X 1、15 X 2 からウエハステージ WST の -X 方向の側

面の移動鏡 22 X にレーザビームが照射され、レーザ干渉計 15 Y、15 X 1、15 X 2 によってウエハステージ WST の X 座標、Y 座標、及び回転角が計測され、計測値が図 1 の主制御系 10 に供給され、主制御系 10 はその計測値に基づいて平面モータを介してウエハステージ WST の速度や位置を制御する。同様に、計測用ステージ 14 の側面にも X 軸の移動鏡 23 X、及び Y 軸の移動鏡 23 Y が取り付けられている。なお、ウエハステージ WST の直交する側面を鏡面加工して、これらの鏡面を移動鏡 22 X、22 Y とみなしてもよく、同様に計測用ステージ 14 の側面の鏡面を移動鏡 23 X、23 Y とみなしてもよい。

【0055】そして、露光光の入射エネルギー等の計測時には、それらの位置計測用のレーザビームは計測用ステージ 14 の移動鏡 23 X、23 Y に照射される。図 4 は、露光光の入射エネルギー等の計測時のウエハステージ WST、及び計測用ステージ 14 の配置の一例を示し、このようにウエハステージ WST を露光領域 12 から離れた位置に待避させて、露光領域 12 にかかるように計測用ステージ 14 を移動すると、レーザ干渉計 15 X 1、15 X 2、15 Y からのレーザビームが、ウエハステージ WST の移動鏡 22 X、22 Y から外れて計測用ステージ 14 の移動鏡 23 X、23 Y に照射されるようになる。このときに、計測用ステージ 14 上の基準マーク MB が、図 1 のウエハアライメントセンサ 16 の視野 16 a 内に入るように計測用ステージ 14 を移動して、かつ 2 軸の X 軸のレーザ干渉計 15 X 1、15 X 2 の計測値が同一の値となるように、計測用ステージ 14 の回転角を制御した状態で、基準マーク MB の検出中心からの位置ずれ量を検出する。そして、主制御系 10 は、この位置ずれ量の X 成分、及び Y 成分をそれぞれレーザ干渉計 15 X 1、15 X 2、及びレーザ干渉計 15 Y の計測値にプリセットする。この後は、レーザ干渉計 15 X 1、15 X 2、15 Y により再現性を有する状態で高精度に計測用ステージ 14 の位置が計測され、この計測値に基づいて主制御系 10 は、平面モータを介して計測用ステージ 14 の位置を高精度に制御することができる。

【0056】一方、露光時には、図 2 に示すように、計測用ステージ 14 を待避させて、ウエハステージ WST の移動鏡 22 X、22 Y にレーザ干渉計 15 X 1、15 X 2、15 Y からのレーザビームが照射されるようにして、基準マーク MA をウエハアライメントセンサ 16 の視野 16 a 内に移動して、レーザ干渉計 15 X 1、15 X 2 の計測値を一致させた状態で、基準マーク MA の位置ずれ量を計測し、この計測値に基づいてレーザ干渉計 15 X 1、15 X 2、15 Y の計測値のプリセットを行う。この後は、再現性を有する状態で高精度にウエハステージ WST の位置決めが行われる。なお、平面モータをオープンループで駆動することによってもウエハステ

ージWST、及び計測用ステージ14の位置は大まかに制御できるため、レーザビームが照射されていない状態では、主制御系10はウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置を平面モータを用いてオープンループ方式で駆動する。

【0057】図1に戻り、不図示であるが、投影光学系PLの側面には、ウエハWの表面のフォーカス位置を計測するための斜入射方式の焦点位置検出系（AFセンサ）が配置され、この検出結果に基づいて、走査露光中のウエハWの表面が投影光学系PLの像面に合焦される。次に、本例の投影露光装置の動作につき説明する。まず、ウエハステージ側の計測用ステージ14を用いて投影光学系PLに対する露光光ILの入射光量を計測する。この場合、レチクルRがロードされた状態での入射光量を計測するために、図1において、レチクルステージRST上に露光用のレチクルRがロードされ、レチクルRが露光光ILの照明領域上に移動する。その後、図4に示すように、ウエハステージWSTは定盤13上で例えば+Y方向に待避し、計測用ステージ14が投影光学系PLによる露光領域12に向かって移動する。その後、上記のようにレーザ干渉計15X1、15X2、15Yの計測値のプリセットを行った後、計測用ステージ14上の照射量モニタ18の受光面が露光領域12を覆う位置で計測用ステージ14が停止し、この状態で照射量モニタ18を介して露光光ILの光量が計測される。

【0058】主制御系10では、その計測された光量を結像特性演算系11に供給する。この際に、例えば照明系1内で露光光ILから分岐して得られる光束を検出して得られる計測値も結像特性演算系11に供給されており、結像特性演算系11では、2つの計測値に基づいて、照明系1内でモニタされる光量から投影光学系PLに入射する光量を間接的に演算するための係数を算出して記憶する。この間に、ウエハステージWSTにはウエハWがロードされる。その後、図2に示すように、計測用ステージ14は露光領域12から離れた位置に待避し、ウエハステージWSTが露光領域12に向かって移動する。ウエハステージWSTが待避中であるときには、図4に示すように、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームは照射されないため、例えば平面モータをオープンループ方式で駆動することによって位置制御が行われている。

【0059】そして、計測用ステージ14を露光領域12から待避させて、ウエハステージWSTを露光領域12にかかる位置に移動させて、上記のようにレーザ干渉計15Y、15X1、15X2の計測値のプリセットを行った後、ウエハステージWST上の基準マーク部材17A上のレチクル用の基準マーク（不図示）の中心が、光軸AX（露光領域12の中心）付近に位置するようにウエハステージWSTの移動が行われる。その後、レチクルアライメント顕微鏡RA、RBを用いて、レチクル

R上のレチクルマークと、基準マーク板17A上の対応する基準マークとの位置ずれ量が所定の許容範囲内になるように、図1のレチクルステージRSTを駆動することによって、レチクルRのアライメントが行われる。これとほぼ同時に、その基準マーク板17A上の別の基準マークMAの位置を再び図1のウエハアライメントセンサ16で検出することによって、そのセンサの検出中心とレチクルRの投影像の中心との間隔（ベースライン量）が正確に検出される。

【0060】次に、ウエハアライメントセンサ16を介してウエハW上の所定のショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を検出することによって、ウエハWの各ショット領域の配列座標が求められる。その後、その配列座標、及び上記のベースライン量に基づいて、ウエハWの露光対象のショット領域とレチクルRのパターン像との位置合わせを行いながら、走査露光が行われる。ウエハW上の各ショット領域への走査露光時には、図1において、露光光ILの照明領域9（図3参照）に対して、レチクルステージRSTを介してレチクルRが+Y方向（又は-Y方向）に速度VRで走査されるのに同期して、露光領域12に対してウエハステージWSTを介してウエハWが-X方向（又は+X方向）に速度 $\beta \cdot VR$ （ $\beta$ は投影倍率）で走査される。

【0061】また、露光中には、例えば照明系1内で露光光ILから分岐した光束の光量が常時計測されて結像特性演算系11に供給され、結像特性演算系11では、供給される光量の計測値、及び予め求めた係数に基づいて投影光学系PLに入射する露光光ILの光量を算出し、露光光ILの吸収によって発生する投影光学系PLの結像特性（投影倍率、ディストーション等）の変化量を計算し、この計算結果を主制御系10に供給する。主制御系10では、例えば投影光学系PL内の所定のレンズを駆動することによって、その結像特性の補正を行う。

【0062】以上が、通常の露光であるが、本例の投影露光装置のメンテナンス等で装置状態を計測するときには、計測用ステージ14を露光領域12側に移動して計測を行う。例えば、露光領域12内の照度均一性を測定するときは、レチクルRをレチクルステージRSTから除いた後、図4において、照度むらセンサ19を露光領域12内でX方向、Y方向に微動しながら照度分布を計測する。

【0063】次に、レチクルステージ側の計測用ステージ5、及びウエハステージ側の計測用ステージ14を用いて、投影光学系PLの結像測定を測定する動作につき説明する。この場合、図3において、レチクルステージRSTは+Y方向に待避して、計測用ステージ5上の基準板6が照明領域9内に移動する。このとき、計測用ステージ5には非走査方向のレーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームも照射されるようになり、レチクル

アライメント顕微鏡RA、RBを用いて上記のように計測値のリセット（又はプリセット）が行われる。その後、レーザ干渉計7X1、7X2、8Yの計測値に基づいて計測用ステージ5は高精度に位置決めされる。

【0064】このときに、既に説明したように、ウエハステージ側には複数の指標マークIMの像が投影光学系PLを介して投影される。この状態で、図4において、計測用ステージ14を駆動して、測定板20上のスリットでその指標マークIMの像をX方向、Y方向に走査し、測定板20の底部の光電センサの検出信号を結像特性演算系11で処理することによって、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。また、測定板20のフォーカス位置を所定量ずつ変えながら、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。これらの測定結果より、結像特性演算系11は、投影光学系PLの投影像のベストフォーカス位置、像面湾曲、ディストーション（倍率誤差を含む）といった結像特性の変動量を求める。この変動量は主制御系10に供給され、その変動量が許容範囲を超える場合には、主制御系10は投影光学系PLの結像特性を補正する。

【0065】以上のように、本例の投影露光装置では、ウエハアライメントセンサ16によって基準マークMA、MBの位置を検出して、この位置情報に基づいてレーザ干渉計15X1、15X2、15Yのプリセットを行うため、レーザ干渉計15X1、15X2、15YによりウエハステージWST、又は計測用ステージ14の位置を高い再現性で高精度に計測して制御することができる。同様に、レチクルアライメント顕微鏡RA、RBにより基準マークMC1、MC2又はMD1、MD2の位置を検出して、レーザ干渉計7X1、7X2のリセット等を行うことにより、レチクルステージRST、又は計測用ステージ5の位置を高い再現性で高精度に計測して制御することができる。

【0066】次に、本発明の第2の実施の形態につき図5～図12を参照して説明する。本例は、二重露光法により露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図5は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図5において、本例の投影露光装置は、ベース盤86を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する複数の可動ステージとしてのウエハステージWST1、WST2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL1、投影光学系PL1の上方でマスクとしてのレチクルR1又はR2（図6参照）を所定の走査方向に駆動するレチクル駆動機構、レチクルR1、R2を上方から照明する照明系、及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。以下、投影光学系PL1の光軸AX1に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図5の紙面に平行にX軸を、図5の紙面に垂直にY軸を取って説明する。本例では、

Y軸に平行な方向（Y方向）が走査方向である。

【0067】まず、ステージ装置は、ベース盤86上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X方向及びY方向に独立して移動自在な2つのウエハステージWST1、WST2と、これらのウエハステージWST1、WST2を駆動するウエハステージ駆動系81Wと、ウエハステージWST1、WST2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【0068】これをさらに詳述すると、ウエハステージWST1、WST2の底面には不図示のエアパッド（例えば、真空予圧型空気軸受け）が複数箇所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数 $\mu$ mの間隔を保った状態で、ウエハステージWST1、WST2はベース盤86上に浮上支持されている。

【0069】図7は、ウエハステージWST1、WST2の駆動機構を示し、この図7において、ベース盤86上には、X方向に延びる2本のX軸リニアガイド95A、95Bが平行に設けられている。X軸リニアガイド95A、95Bに沿ってそれぞれリニアモータ用の1組の永久磁石が固定されており、これらのX軸リニアガイド95A及び95Bに沿って移動自在にそれぞれ2つの移動部材93A、93C及び2つの移動部材93B、93Dが取り付けられている。これら4つの移動部材93A～93Dの底面部には、X軸リニアガイド95A又は95Bを上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルとX軸リニアガイド95A又は95Bとによって、各移動部材93A～93DをX方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータがそれぞれ構成されている。そこで、以下の説明では、便宜上、これらの移動部材93A～93Dを「X軸リニアモータ」と呼ぶものとする。

【0070】この内2つのX軸リニアモータ93A、93Bは、Y方向に延びるY軸リニアガイド94Aの両端に設けられ、残り2つのX軸リニアモータ93C、93Dも、Y方向に延びるY軸リニアガイド94Bの両端に固定されている。Y軸リニアガイド94A、94BにはそれぞれY方向に沿ってリニアモータ用の1組の駆動コイルが固定されている。従って、Y軸リニアガイド94Aは、X軸リニアモータ93A、93BによってX軸リニアガイド95A、95Bに沿ってX方向に駆動され、Y軸リニアガイド94Bは、X軸リニアモータ93C、93DによってX軸リニアガイド95A、95Bに沿ってX方向に駆動される。

【0071】一方、ウエハステージWST1の底面には、一方のY軸リニアガイド94Aを上方及び側方から囲む不図示の1組の永久磁石が設けられており、この永久磁石とY軸リニアガイド94AとによってウエハステージWST1をY方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。同様に、ウエハス

テージWST2の底部に設けられた不図示の1組の永久磁石と、Y軸リニアガイド94BとによってウエハステージWST2をY方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【0072】即ち、本例では、上述したX軸リニアガイド95A、95B、X軸リニアモータ93A～93D、Y軸リニアガイド94A、94B及びウエハステージWST1、WST2の底部の不図示の永久磁石等によって、ウエハステージWST1、WST2を独立してXY平面上で2次元駆動するステージ系が構成されている。これらのウエハステージWST1、WST2は、図5のステージ駆動系81Wを介してステージ制御装置38によって制御される。ステージ制御装置38の動作は主制御装置90によって制御されている。

【0073】なお、Y軸リニアガイド94Aの両端に設けられた一対のX軸リニアモータ93A、93Bの推力のバランスを若干変化させることで、ウエハステージWST1に微少なヨーイングを発生させたり、除去することも可能である。同様に、一対のX軸リニアモータ93C、93Dの推力のバランスを若干変化させることで、ウエハステージWST2に微少なヨーイングを発生させたり、除去することもできる。これらのウエハステージWST1、WST2上には、不図示のウエハホルダを介してそれぞれウエハW1、W2が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・θ駆動機構によってZ方向及びθ方向（Z軸の回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。

【0074】また、ウエハステージWST1の-X方向及び+Y方向の側面は、鏡面仕上げがなされた反射面84X、84Y（図6参照）となっており、同様に、ウエハステージWST2の+X方向及び+Y方向の側面は、鏡面仕上げがなされた反射面85X、85Yとなっている。これらの反射面が移動鏡に対応しており、これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各レーザ干渉計からレーザビームよりなる計測ビーム92X2、92X5、92Y1～92Yが投射され、その反射光を各レーザ干渉計で受光することにより、各反射面の基準面（一般には投影光学系側面やアライメント光学系の側面に参照ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWST1、WST2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの構成については、後に詳述する。

【0075】図5において、投影光学系PL1としては、Z方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば1/5を有する屈折光学系が使用されている。なお、投影光学系PL1として反射屈折系や反射系を使用してもよい。この投影光学系PL1のX方向の両側には、図5に示すように、互いに同じ機能を持ったオ

フ・アクシス（off-axis）方式のアライメント系88A、88Bが、投影光学系PL1の光軸AX1（レチクルパターンの投影像の中心と一致する）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系88A、88Bは、スリット状のレーザビームを用いるLSA（Laser StepAlignment）系、画像処理方式のFIA（Field Image Alignment）系、例えば2本のヘテロダインビームの回折光を検出するLIA（Laser InterferometricAlignment）系の3種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークの2次元方向（X方向及びY方向）の位置計測を行うことができる。本例では、これら3種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の3点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行っている。

【0076】この場合、一方のアライメント系88Aは、ウエハステージWST1上に保持されたウエハW1上のアライメントマークの位置計測等に用いられる。また、他方のアライメント系88Bは、ウエハステージWST2上に保持されたウエハW2上のアライメントマークの位置計測等に用いられる。これらのアライメント系88A、88Bを構成する各アライメントセンサからの検出信号は、アライメント制御装置80に供給され、アライメント制御装置80では供給された検出信号をA/D（アナログ/デジタル）変換し、デジタル化した波形信号を演算処理してマーク位置を検出する。この検出結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90からその検出結果に応じてステージ制御装置38に対して露光時の位置補正情報等が出力されるようになっている。

【0077】また、図示省略したが、投影光学系PL1、及びアライメント系88A、88Bのそれぞれには、ウエハW1（又はW2）の露光面のベストフォーカス位置からのデフォーカス量を検出するためのオートフォーカス/オートレベリング計測機構（以下、「AF/AL系」という）が設けられている。この内、投影光学系PL1のAF/AL系としては、いわゆる斜入射方式の多点AF系が使用されている。そして、アライメント系88A、88Bにも同様なAF/AL系が設けられている。即ち、本例では、露光時のデフォーカス量の検出に用いられるAF/AL系とほぼ同一の計測領域に対して、アライメントシーケンス時に用いられるAF/AL系によっても検出ビームが照射できる構成となっている。このため、アライメント系88A、88Bを使用したアライメントシーケンス時にも、露光時と同程度の合焦精度で高精度にアライメントマークの位置計測を行うことができる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発



生しなくなる。

【0078】次に、レチクル駆動機構について、図5及び図6を参照して説明する。このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤79上をレチクルR1を保持してXY平面の2次元方向に移動可能なレチクルステージRST1と、同じ移動面に沿ってレチクルR2を保持して2次元方向に移動可能なレチクルステージRST2と、これらのレチクルステージRST1、RST2を駆動する不図示のリニアモータと、これらのレチクルステージRST1、RST2の位置を管理するレチクル干渉計システムとを備えている。

【0079】これを更に詳述すると、図6に示されるように、これらのレチクルステージRST1、RST2は走査方向(Y方向)に直列に設置されており、不図示の空気軸受を介してレチクルベース盤79上に浮上支持され、レチクルステージ駆動機構81R(図5参照)によりX方向の微小駆動、θ方向の微小回転及びY方向の走査駆動がなされるように構成されている。なお、レチクルステージ駆動機構81Rは、ウエハ用のステージ装置と同様のリニアモータを駆動源としているが、図5では説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST1、RST2上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、何れのレチクルR1、R2についてもウエハW1、W2と同期走査できる様な構成となっている。

【0080】これらのレチクルステージRST1、RST2上には、+X方向の側面に、レチクルステージRST1、RST2と同じ素材(例えばセラミックス等)から成る移動鏡82A、82BがそれぞれY方向に延設されており、これらの移動鏡82A、82Bの+X方向の反射面に向けてレーザ干渉計(以下、単に「干渉計」という)83X1~83X5からレーザビームよりなる計測ビーム91X1~91X5が照射され、干渉計83X1~83X5ではその反射光を受光して所定の基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRST1、RST2のX方向の位置を計測している。ここで、干渉計83X3からの計測ビーム91X3は、実際にはそれぞれ独立に変位計測できるY方向に離れた2本の計測ビームを有しており、これらの2つの計測値よりレチクルステージRST1、RST2のX方向の位置とヨーイング量(Z軸の回りの回転角)とを計測することができる。

【0081】本例では、計測ビーム91X1~91X5のY方向の間隔は、移動鏡82A、82BのY方向の幅よりも短く設定されており、これによって移動鏡82A、82Bには常時何れかの計測ビーム91X1~91X5が照射されている。また、或る時点で隣接する2本の計測ビーム(例えば91X1、91X2)が同一の移動鏡(例えば82B)に同時に照射されるようになり、

この状態を対応する干渉計83X1、83X2が部分的に計測範囲を重複しているとみなすことができる。これによって、後述のように干渉計83X1~83X4の計測値を順次干渉計83X2~83X5の計測値に高精度に受け渡すことができる。干渉計83X1~83X5の計測値は図5のステージ制御装置38に供給され、これらの計測値に基づいてステージ制御装置38は、ウエハステージWST1、WST2との同期誤差を補正するために、レチクルステージ駆動機構81Rを介してレチクルステージRST1、RST2の回転制御やX方向の位置制御を行なう。

【0082】一方、図6において、第1のレチクルステージRST1の走査方向に沿った-Y方向の端部には、一対の移動鏡としてのコーナーキューブ89A、89Bが設置されている。そして、一対のダブルパス方式の干渉計(不図示)から、これらのコーナーキューブ89A、89Bに対して、それぞれ2本のレーザビームよりなる計測ビーム(図6では、1本の計測ビームで代表している)91Y1、91Y2が照射され、その不図示の一対の干渉計によって所定の基準面に対してレチクルステージRST1のY方向の相対変位が計測される。また、第2のレチクルステージRST2の+Y方向の端部にも、一対のコーナーキューブ89C、89Dが設置され、一対のダブルパス方式の干渉計83Y3、83Y4からこれらのコーナーキューブ89C、89Dに対して計測ビーム91Y3、91Y4(実際にはそれぞれ2本のレーザビームよりなる)が照射され、干渉計83Y3、83Y4によってそれぞれレチクルステージRST2のY方向の変位が計測されている。

【0083】これらのダブルパス方式の干渉計の計測値も、図5のステージ制御装置38に供給され、その計測値に基づいてレチクルステージRST1、RST2のY方向の位置が制御される。即ち、本例では、計測ビーム91X1~91X5を有する干渉計83X1~83X5と、計測ビーム91Y1、91Y2及び計測ビーム91Y3、91Y4を有する2対のダブルパス方式の干渉計とによってレチクルステージ用の干渉計システムが構成されている。なお、干渉計83X1~83X5が図5では干渉計83で表され、移動鏡82A、82B及び計測ビーム91X1~91X5がそれぞれ図5では移動鏡82及び計測ビーム91Xで表されている。

【0084】次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムについて図5~図7を参照して説明する。図5~図7に示すように、投影光学系PL1の投影像の中心(光軸AX1)と、アライメント系88A、88Bのそれぞれの検出中心とを通りX軸に平行な軸に沿って、ウエハステージWST1の-X方向の側面の反射面84Xには、干渉計87X2から3軸のレーザビームよりなる計測ビーム92X2が照射されている。同様に、ウエハステージWST2の+X方向の



側面の反射面85Xには、干渉計87X5から3軸のレーザビームよりなる計測ビーム92X5が照射されている。干渉計87X2、87X5ではそれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からのX方向への相対変位を計測している。

【0085】この場合、図6に示すように、計測ビーム92X2及び92X5は、それぞれ互いに独立に変位計測を行うことができる3軸のレーザビームであるため、対応する干渉計87X2、87X5は、それぞれウエハステージWST1、WST2のX方向の位置を計測する以外に、各ステージのチルト角（Y軸の回りの回転角）計測、及びヨーイング角（Z軸回りの回転角）の計測をすることができる。この場合、本例のウエハステージWST1及びWST2には、図6に示すようにそれぞれウエハW1及びW2のZ方向への微小駆動、傾斜角の駆動、及びZ軸の回りの回転駆動を行うためのZ・レベリングステージLS1及びLS2が設けられているが、Z・レベリングステージLS1及びLS2は実際には反射面84X、85Xよりも低い部分にある。従って、ウエハW1、W2のチルト角制御、及びヨーイング角制御の際の駆動量は全て、これらの干渉計87X2、87X5によりモニタすることができる。

【0086】なお、X軸の計測ビーム92X2、92X5は、ウエハステージWST1、WST2の移動範囲の全域で常にウエハステージWST1、WST2の反射面84X、85Xに照射されるようになっている。従って、X方向については、投影光学系PL1を用いた露光時、又はアライメント系88A、88Bの使用時等の何れの場合にも、ウエハステージWST1、WST2のX方向の位置は計測ビーム92X2、92X5を用いた計測値に基づいて管理される。

【0087】また、図6及び図7に示すように、ウエハステージWST1、WST2の+Y方向の側面が移動鏡としての反射面84Y及び85Yに加工されており、投影光学系PL1の光軸AX1を通りY軸に平行な計測ビーム92Y3が干渉計87Y3から反射面84Y、85Yに照射されている。また、アライメント系88A、88Bのそれぞれの検出中心を通りY軸に平行な計測ビーム92Y1、92Y5をそれぞれ有する干渉計87Y1、87Y5も設けられている。本例の場合、投影光学系PL1を用いた露光時のウエハステージWST1、WST2のY方向の位置計測には、計測ビーム92Y3を持つ干渉計87Y3の計測値が用いられ、アライメント系88A、又は88Bの使用時のウエハステージWST1、又はWST2のY方向の位置計測には、それぞれ干渉計87Y1又は87Y5の計測値が用いられる。

【0088】従って、各使用条件により、Y軸の干渉計87Y1、87Y3、87Y5の計測ビームがウエハステージWST1、WST2の反射面84Y、85Yより外れる場合がある。そのため、本例では、干渉計87X

1及び87Y3の間にY軸に平行な計測ビーム92Y2を持つ干渉計87Y2を設け、干渉計87Y3及び87Y5の間にY軸に平行な計測ビーム92Y4を持つ干渉計87Y4を設けることにより、ウエハステージWST1、WST2の反射面84Y、85Yに常時、少なくとも一つの干渉計からの計測ビームが照射されるようにしている。このために、移動鏡としての反射面84Y及び85YのX方向の幅をDX1とすると、計測ビーム92Y1、92Y2、…、92Y5のX方向の間隔DX2を幅DX1よりも狭く設定している。この結果、計測ビーム92Y1～92Y5中の隣接する2つの計測ビームが同時に反射面84Y、85Y上に照射される場合が必ず生じる（部分的に重複する計測範囲を有する）ため、後述のようにその状態で第1の干渉計から第2の干渉計に計測値の受け渡しを行っている。これによって、ウエハステージWST1、WST2はY方向においても、高い再現性で高精度に位置決めが行われる。

【0089】なお、Y方向の位置計測用の計測ビーム92Y1、92Y3、92Y5は、それぞれZ方向に離れて独立に位置計測を行うことができる2軸のレーザビームよりなるため、対応する干渉計87Y1、87Y3、87Y5は、それぞれ計測対象の反射面84Y、85YのY方向の位置の他に、X軸の回りの傾斜角（チルト角）の計測も行うことができる。本例では、干渉計87X2、87X5、87Y1～87Y5の合計7つの干渉計によって、ウエハステージWST1、WST2の2次元の座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。本例では、後述するように、ウエハステージWST1、WST2の内的一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、及びウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの機械的な干渉がないように、各干渉計の計測値に基づいてステージ制御装置38が、ウエハステージWST1、WST2の位置及び速度制御を行っている。

【0090】次に、本例の照明系及び制御系について、図5に基づいて説明する。図5において、露光光源であるKrF、ArF、又はF<sub>2</sub>等のエキシマレーザ光源と減光システム（減光板等）とよりなる光源部40から射出されたパルスレーザ光よりなる露光光は、シャッタ42を透過した後、ミラー44により偏向されて、ビームエキスパンダ46、48により適当なビーム径に整形され、第1フライアイレンズ50に入射する。この第1フライアイレンズ50から射出された露光光は、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56を介して第2フライアイレンズ58に入射する。この第2フライアイレンズ58より射出された露光光は、レンズ60を経て、レチクルR1（又はR2）と共役な位置に設置された固定ブラインド62に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクルとの共役面から僅かにデフォーカスした位置に配置された可動ブラインド64を通過し

て、リレーレンズ66、68を経て均一な照度分布の光として、レチクルR1上の所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域IA(図6参照)を照明する。

【0091】次に、本例の制御系は、装置全体を統轄的に制御する主制御装置90を中心に、この主制御装置90の管轄下にある露光量制御装置70及びステージ制御装置38等から構成されている。例えばレチクルR1のパターンをウエハW1に露光する場合には、露光量制御装置70は、レチクルR1とウエハW1との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置72に指示してシャッタ駆動部74を駆動させてシャッタ42をオープンする。

【0092】この後、ステージ制御装置38により、主制御装置90の指示に応じてレチクルR1とウエハW1、即ちレチクルステージRST1とウエハステージWST1との同期走査(走査制御)が開始される。この同期走査は、前述したウエハステージ用の干渉計システムの計測ビーム92Y3、92X2及びレチクルステージ用の干渉計システムの計測ビーム91Y1、91Y2、91X3の計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置38によってステージ駆動系81W、及びレチクルステージ駆動機構81Rを制御することにより行われる。

【0093】そして、両ステージRST1、WST1が所定の同期誤差以内で投影倍率比を速度比として、それぞれ等速度駆動された時点で、露光量制御装置70では、レーザ制御装置76に指示してパルス発光を開始させる。これにより、露光光によってレチクルR1の矩形の照明領域IA(図6参照)が照明され、その照明領域IA内のパターンの像が投影光学系PL1により1/5倍に縮小され、その表面にフォトレジストが塗布されたウエハW1上に投影露光される。ここで、図6からも明らかのように、レチクルR1上のパターン領域に比べ照明領域IAの走査方向の幅は狭く、レチクルR1とウエハW1とを同期走査することで、パターン領域の全面の像がウエハ上のショット領域に順次転写される。この露光の際に、露光量制御装置70は、ミラー駆動装置78に指示して振動ミラー54を駆動させることで、2つのフライアイレンズ50、58で発生する干渉縞による照度むらの低減を行う。

【0094】また、走査露光中にウエハW1上の各ショット領域のエッジ部の近傍に、レチクルR1上のパターン領域の外部(遮光帯の外部)を通過した露光光が漏れないように、レチクルR1とウエハW1との走査に同期して可動ブラインド64がブラインド制御装置39によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置38により管理されている。更に、主制御装置90では、例えば、走査露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージとの助走開始位置等を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置38に対してステージ位置の補正值を指示する。

【0095】次に、上記のように本例のレチクルステージRST1、RST2、及びウエハステージWST1、WST2にはそれぞれ部分的に計測範囲が重複している複数の干渉計が配置されており、干渉計の計測値が順次受け渡されるように構成されている。以下では、図7のウエハステージWST2、及び2つのY軸の干渉計87Y3及び87Y4を例にとって、干渉計の計測値の受け渡し動作、即ち干渉計の計測値のプリセット動作につき図7～図10を参照して説明する。

【0096】まず、図7の位置にあるウエハステージWST2が-X方向に移動すると、この移動の途中で計測ビーム92Y4が、ウエハステージWST2の移動鏡としての反射面85Yに入射しなくなる。逆に、ウエハステージWST2が+X方向に移動すると、この移動の途中で計測ビーム92Y3が、反射面85Yに入射しなくなる。そこで、干渉計87Y4と干渉計87Y3との間で、計測値の受け渡しを高精度に行って、干渉計87Y4、87Y3の何れかをを用いて再現性の有る状態でウエハステージWST2のY座標の計測を行う必要がある。このため、本例では、次のような工夫をしている。

【0097】図8(a)は、図7のウエハステージWST2を示す平面図であり、この図8(a)において、ウエハステージWST2のX方向の変位は、X軸の干渉計87X5によって、また、ウエハステージWST2のY方向の変位は、2つの干渉計87Y3、87Y4によって測定されている。干渉計87Y3、87Y4の計測ビーム92Y3、92Y4のX方向の間隔DX2は、ウエハステージWST2の反射面85YのX方向の幅DX1より狭くなっている。

【0098】ここで、本例の干渉計87Y4、87Y3はそれぞれヘテロダイン干渉方式のレーザ干渉計であり、計測ビームの光源としては共通の不図示の2周波数発振レーザ(例えばゼーマン効果型の波長633nmのHe-Neレーザ光源)が使用されている。この2周波数発振レーザからは互いに偏光方向が直交し、所定の周波数差 $\Delta f$ (例えば2MHz程度)を有する第1、及び第2の光束が同軸にヘテロダインビームとして射出されており、先ずこのヘテロダインビームを例えば1/10程度分岐して検光子で混合させた干渉光を光電変換することで周波数 $\Delta f$ の参照信号SRが生成され、この参照信号SRが干渉計87Y4、87Y3内のそれぞれの位相比較器26(図9参照)に供給されている。

【0099】また、上記のヘテロダインビームをそれぞれ1/10程度分岐して得られた第1、及び第2のヘテロダインビームが干渉計87Y3、87Y4に供給されており、干渉計87Y4は第2のヘテロダインビームの偏光方向が直交する2光束の一方を計測ビーム92Y4として、他方を参照ビーム(不図示)として、参照ビームは不図示の参照鏡で反射される。そして、反射された参照ビームと、反射面85Yで反射された計測ビーム9

2 Y 4 とを検光子で混合させた干渉光を光電変換することで周波数  $\Delta f$  で、かつ位相が変化する測定信号 S 2 が生成されて図 9 の位相比較器 26 に供給され、位相比較器 26 において、上記の参照信号 S R と測定信号 S 2 との位相差  $\phi 2$  が所定の分解能（例えば  $2\pi/100$  (rad)）で検出されて積算器 27 に供給される。

【0100】この際に、計測ビーム 9 2 Y 3、9 2 Y 4 の波長を  $\lambda$  として、1 以上の整数  $m$  を用いて、反射面 8 5 Y が Y 方向に  $\lambda/m$ （本例のようにシングルパス方式では  $m=2$ 、一方、ダブルパス方式では  $m=4$ ）だけ移動したときに、その位相差  $\phi 2$  が  $2\pi$  (rad) 変化する。また、位相差  $\phi 2$  の範囲は  $0 \leq \phi 2 < 2\pi$  であり、図 9 の積算器 27 では、位相差  $\phi 2$  が  $2\pi$  を + 方向に横切る際に所定の整数（干渉の次数に相当する） $N 2$  に 1 を加算して、位相差  $\phi 2$  が 0 を - 方向に横切る際にその整数  $N 2$  から 1 を減算する。そして、計測中は積算器 27 は  $\{N 1 + \phi 2 / (2\pi)\}$  に  $\lambda/m$  を乗じた計測値 P 2 をウエハステージ W S T 2 の Y 方向の絶対位置としてステージ制御装置 38 に送る。

【0101】同様に、干渉計 8 7 Y 3 においても、計測ビーム 9 2 Y 3 から得られる測定信号 S 1 と上記の参照信号 S R との位相差  $\phi 1$ 、この位相差  $\phi 1$  が  $2\pi$ 、又は 0 を横切る毎に増減する整数  $N 1$ 、及び  $\lambda/m$  から算出される計測値 P 1 をステージ制御装置 38 に送る。即ち、干渉計 8 7 Y 3、8 7 Y 4 はそれぞれウエハステージ W S T 2 の Y 方向の位置を、 $\lambda/m$  の幅内では絶対位置として計測している。

【0102】そして、本例の X 軸の干渉計 8 7 X 5 は、図 6 に示すように Y 方向に離れた 2 つのレーザビームを備えているため、これら 2 つのレーザビームによる反射面 8 5 X の X 座標の計測値の差分より、ウエハステージ W S T 2 の回転角  $\theta W 2$  を計測できる。そこで、予め図 8 (a) の状態でその回転角  $\theta W 2$  が 0 となるようにウエハステージ W S T 2 を静止させた「初期状態」で、干渉計 8 7 Y 4、8 7 Y 3 における整数  $N 2$ 、 $N 1$  を 0 にリセットすると共に、計測される位相差  $\phi 2$ 、 $\phi 1$  に  $\{1 / (2\pi)\}$  ( $\lambda/m$ ) を乗じて得られる計測値（初期値）P 20、P 10 をステージ制御装置 38 に取り込む。

【0103】そして、ステージ制御装置 38 では、干渉計 8 7 Y 4、8 7 Y 3 の計測値のオフセットをそれぞれ - P 20、- P 10 として、この後は干渉計 8 7 Y 4、8 7 Y 3 から供給される計測値 P 2、P 1 にそのオフセット (- P 20、- P 10) を加算した値を、干渉計 8 7 Y 4、8 7 Y 3 の実際の計測値 P 2'、P 1' とする。即ち、この計測値 P 2'、P 1' は、上記の初期状

$$N 2 = g \{P 2' / (\lambda/m)\}$$

$$\epsilon 2 = \{P 2' / (\lambda/m) - N 2\}$$

ここで、 $g \{X\}$  は、 $X$  を超えない最大の整数を与える関数である。後に詳述するようにステージ制御装置 38

\* 態からのウエハステージ W S T 2 の Y 方向への変位量を正確に表すことになる。その計測値の初期値 (P 20、P 10) は記憶されている。

【0104】さて、図 8 (a) において、ウエハステージ W S T 2 が - X 方向に更に移動して、図 8 (b) に示す位置に達したとする。図 8 (b) では、干渉計 8 7 Y 4 の計測ビーム 9 2 Y 4 が移動鏡としての反射面 8 5 Y から外れている。この状態では、ウエハステージ W S T 2 の Y 座標は、干渉計 8 7 Y 3 によって計測されているものとする。この状態から再び図 8 (a) に示す位置に向かってウエハステージ W S T 2 が + X 方向に移動を始め、反射面 8 5 Y が干渉計 8 7 Y 4 の計測ビーム 9 2 Y 4 の照射範囲（測定範囲）内に入った際に、干渉計 8 7 Y 4 の計測値を以下のようにして設定（プリセット）する。

【0105】まず、X 軸の干渉計 8 7 X 5 の計測ビーム 9 2 X 5（2 本のレーザビーム）によってウエハステージ W S T 2 の回転角  $\theta W 2$ （ほぼ 0 に近い微小量 (rad)）である）を計測する。この状態で、図 8 (a) において、計測ビーム 9 2 Y 3 を用いる干渉計 8 7 Y 3 による Y 座標の計測値 P 1 を求める。ただし、この計測値 P 1 は、オフセット補正を行う前の直接の計測値である。そして、例えばステージ制御装置 38 において、その計測値 P 1 より干渉計 8 7 Y 4 の干渉の次数  $N 2$  ( $N 2$  は整数) と、端数  $\epsilon 2 / (2\pi)$  との推定値を求める。この端数  $\epsilon 2$  は、上記の  $\phi 2$  に対応する値である。

【0106】即ち、ステージ制御装置 38 内の演算部は、計測ビーム 9 2 Y 3、9 2 Y 4 の間隔 D X 2、ウエハステージ W S T 2 の回転角の計測値  $\theta W 2$ 、干渉計 8 7 Y 3 の計測値 P 1、及び干渉計 8 7 Y 4、8 7 Y 3 の計測値の初期値の差分 (= P 20 - P 10) より、干渉計 8 7 Y 4 のオフセット補正前の計測値 P 2 の推定値 P 2' を次のように算出する。

$$P 2' = P 1 + D X 2 \cdot \theta W 2 + (P 20 - P 10)$$

【0107】例えば回転角の計測値  $\theta W 2$  の計測精度が高い場合には、この推定値 P 2' をそのまま干渉計 8 7 Y 4 の現在の計測値 P 2 の値としてプリセットしてもよい。しかしながら、計測値  $\theta W 2$  には或る程度の計測誤差が含まれていることがあるため、干渉計 8 7 Y 4 は幅  $\lambda/m$  単位で絶対位置を計測できることを利用して、その演算部はその指定値 P 2' を整数分と端数分とに分解する。従って、干渉計 8 7 Y 4 の計測値の推定値 P 2' の中で長さ  $\lambda/m$  の  $N 2$  倍の残りの値が端数  $\epsilon 2 / (2\pi)$  となる。即ち、ステージ制御装置 38 は次のように整数  $N 2$ 、及び端数  $\epsilon 2$  を算出（推定）する。

【0108】

$$(1)$$

$$(2\pi) \quad (2)$$

では、計測値 P 1 から得られる干渉の次数及び端数の推定値 ( $N 2$ 、 $\epsilon 2$ ) と、干渉計 8 7 Y 4 で実際に計測さ

れる位相差（絶対位相） $\phi 2$ とから、干渉計87Y4の整数（次数）N2のプリセット値を決定する。

【0109】図9は、本例のステージ制御装置38の一部、及び干渉計87Y4の一部を示し、図9に示すように、干渉計87Y4は、例えばレーザ光源から出力された参照信号SRと測定信号S2（計測ビームと参照ビームとの干渉光の光電変換信号）とが入力される位相比較器26を有している。位相比較器26は、参照信号SRと測定信号S2との位相差 $\phi 2$ を検出し、検出された位相差 $\phi 2$ は積算器27に出力されると共に、ステージ制御装置38内の計算処理装置28にも出力されている。なお、他の干渉計もそれぞれ位相比較器26、及び積算器27を備えている。

【0110】積算器27は、計測時には上記のようにその位相差 $\phi 2$ の変化より整数N2を積算して、 $\{N2 + \phi 2 / (2\pi)\}$ に $(\lambda/m)$ を乗じて得られる計測値P2を、移動鏡（本例では反射面85Y）の移動量を示す情報としてステージ制御装置38に出力している。但し、今のように計測値の受け渡しを行うときには、計算処理装置28では、位相比較器26から入力された位相差 $\phi 2$ と、上記の演算部から入力された端数の推定値 $\varepsilon 2$ とを比較する。この比較は、推定された位相差の推定値 $\varepsilon 2$ が0（ゼロ）又は $2\pi$ に近い場合、推定した干渉の次数を示す整数N2が $\pm 1$ の範囲でずれている可能性があるため、その検証のために行うものである。この比較の動作を図10を参照しつつ説明する。便宜上、図10では、N2の推定値を次数Nとしている。

$$P2 = (\lambda/m) \cdot N' + (\lambda/m)$$

これによって、干渉計87Y4の計測値P2は、実質的に元の値に復帰したことになると共に、干渉計87Y3の計測値が干渉計87Y4に正確に受け渡されたことになる。

【0113】以上のように本例では、鏡面からの反射光が再び得られるようになった第1の干渉計にプリセット値を設定する際には、他の第2の干渉計の測定値から算出される測定値をその第1の干渉計の干渉の次数（N1、又はN2）を決定するための推定値として利用し、推定された干渉の次数とその第1の干渉計で測定した位相差（絶対位相） $\phi$ とに基づいて、その第1の干渉計の干渉の次数（N1、又はN2）のプリセット値、ひいては干渉計の計測値のプリセット値を決定するようにしている。この際には、測定ビームが鏡面から一旦外れているため、干渉の次数N2又はN1が不明であるが、他の干渉計の測定値から計算で干渉の次数が求められるため、その干渉計のプリセット値はその干渉計固有の精度で設定することができる。

【0114】なお、装置立ち上げ時や、何らかの原因で全ての測定値に計測誤差が混入し、全ての干渉計の計測値をリセットする必要がある場合には、図9において、計算処理装置28に次数N2=0を送り、同じく計

\*【0111】図10（a）～（c）において、横軸は参照信号と計測信号との位相差を表し、特に干渉の次数 $k = N-1$ 、 $k = N$ 、 $k = N+1$ の範囲の位相差を図示している。1つの次数内で位相差は $2\pi$ 変化している。図10（a）は、実際の位相差 $\phi 2$ と位相差の推定値 $\varepsilon 2$ との差の絶対値が $\pi$ より小さい（ $|\phi 2 - \varepsilon 2| < \pi$ ）場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差 $\phi 2$ は次数N内にあるので、干渉の次数は推定値通りNであり、次数のプリセット値 $N' = N$ とする。図10（b）は、実際の位相差 $\phi 2$ から位相の推定値 $\varepsilon 2$ を減じた値が $\pi$ より大きい（ $\phi 2 - \varepsilon 2 > \pi$ ）場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差 $\phi 2$ は次数 $N-1$ 内にあるので、プリセット値 $N'$ は、 $N' = N-1$ とする。また、図10（c）は、実際の位相差 $\phi 2$ から位相の推定値 $\varepsilon 2$ を減じた値が $-\pi$ より小さい（ $\phi 2 - \varepsilon 2 < -\pi$ ）場合を示している。この場合は図示の通り実際の位相差 $\phi 2$ は次数 $N+1$ 内にあるので、 $N' = N+1$ とする。

【0112】計算処理装置28では、以上のようにして求めたプリセット値 $N'$ を、図9の積算器27に対するプリセット値REとして出力する。積算器27では、プリセット値RE（即ち $N'$ ）を整数N2のプリセット値として設定し、位相比較器26からの位相差 $\phi 2$ とその整数 $N'$ とから次のようにY座標の計測値P2を算出して、ステージ制御装置38に供給し、後は通常の計測動作を行う。

$$(\phi 2 / 2\pi) \quad (3)$$

計算処理装置28の出力（プリセット値）RE（=0）を積算器27に設定するようにしておく必要がある。この場合は、結局のところ位相差（絶対位相） $\phi 2$ に対応する値だけが積算器27（干渉計87Y4）に設定されることになる。同様に干渉計87Y3の初期値も位相差 $\phi 1$ に対応する値となる。

【0115】また、積算器27の出力P2が必要に応じて計算処理装置18にフィードバックされるようにしてもよい。この場合、積算器27を例えばリセットした後、計算処理装置28からリセット値が積算器27に設定されるまでの間のウエハステージの変位量までを含めて積算器27にプリセット値として設定することができる。この際には、ウエハステージからの反射光が受光可能になったときから、プリセット値RE2が積算器27に設定されるまでの間のウエハステージの変位量まで考慮したより精密な初期値の設定を行うことができるようになる。

【0116】また、本例ではウエハステージWST2が移動する際には、ウエハステージWST2の側面85Yに干渉計87Y3～87Y5からの計測ビームの内何れか1本の計測ビームが照射されている必要がある。そのため、本例では、各計測ビーム間の間隔（例えば、図8

に示す計測ビーム92Y3、92Y4の間隔DX2)が、ウエハステージWST2のX方向の幅DX1よりも短くなるように干渉計を配置している。

【0117】また、図6のレチクルステージRST1、RST2の位置計測を行うための干渉計83X1~83X5においても、同様に干渉計の初期値(プリセット値)設定が行われ、これに基づいて計測値の受け渡しが行われる。次に、本例の投影露光装置では、ウエハステージWST1及びWST2との間でそれぞれウエハの交換を行う第1及び第2の搬送システムが設けられてい

る。

【0118】第1の搬送システムは、図11に示すように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド96A、このローディングガイド96Aに沿って移動する第1及び第2のスライダ97A、97C、第1のスライダ97Aに取り付けられたアンロードアーム98A、第2のスライダ97Cに取り付けられたロードアーム98C等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWST1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ99とから構成される。

【0119】この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。ここでは、図11に示すように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWST1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。まず、主制御装置90では、ウエハステージWST1上の不図示のウエハホルダの真空吸着をオフにしてウエハW1'の吸着を解除する。次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ99を所定量上昇させる。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置を介してアンロードアーム98AをウエハW1'の真下に移動させる。この状態で、主制御装置90では、センターアップ99を所定位置まで下降駆動させて、ウエハW1'をアンロードアーム98Aに受け渡した後、アンロードアーム98Aの真空吸着を開始させる。次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置にアンロードアーム98Aの退避とロードアーム98Cの移動開始を指示する。これにより、アンロードアーム98Aが図11の-Y方向への移動を開始し、ウエハW1を保持したロードアーム98CがウエハステージWST1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置によりロードアーム98Cの真空吸着が解除され、続いてセンターアップ99を上昇駆動することで、ウエハW1がウエハステージWST1上に受け渡される。

【0120】また、ウエハステージWST2との間でウ

エハの受け渡しを行う第2の搬送システムは、図12に示すように、第1の搬送システムと対称に、第2のローディングガイド96B、この第2のローディングガイド96Bに沿って移動するスライダ97B及び97D、第3のスライダ97Bに取り付けられたアンロードアーム98B、第4のスライダ97Dに取り付けられたロードアーム98D等を含んで構成されている。ロードアーム98Dには次に露光されるウエハW2'が保持されている。

【0121】次に、本例の投影露光装置の2つのウエハステージWST1、WST2による並行処理について図11及び図12を参照して説明する。図11には、ウエハステージWST2上のウエハW2に投影光学系PL1を介して露光を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWST1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWST1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行われる。なお、図11において、露光動作中のウエハステージWST2の位置制御は、干渉計システムの計測ビーム92X5、92Y3の計測値に基づいて行われ、ウエハ交換とアライメント動作とが行われるウエハステージWST1の位置制御は、干渉計システムの計測ビーム92X2、92Y1の計測値に基づいて行われる。このため、図5の主制御装置90ではステージ制御装置38に指示して、ウエハ交換とアライメント動作とをする前に、後述する干渉計の計測値の初期値設定(プリセット)を実施している。

【0122】ウエハ交換、及び干渉計の初期値設定に引き続いて、サーチアライメントが行われる。ウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWST1上で再度行われるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWST1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク(不図示)の位置を図5のアライメント系88AのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX方向、Y方向、及びθ方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

【0123】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)方式で求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム(計測ビーム92X2、92Y1)により、ウエハステージWST1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ(アライメントマーク位置データ)をもとに、ウエハステージWST1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のショット領域(サンプルショット)

のアライメントマーク位置を図5のアライメント系88AのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを算出する。なお、このEGA方式のファインアライメントの際の各部の動作は図5の主制御装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行われる。

【0124】そして、ウエハステージWST1側で、ウエハ交換、及びアライメント動作が行われている間に、ウエハステージWST2側では、2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行われる。具体的には、前述したウエハW1側と同様に、事前にEGA方式によるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW2上のショット配列データに基づいて、順次ウエハW2上のショット領域を投影光学系PL1の光軸下方に移動させた後、各ショット領域の露光の都度、図6のレチクルステージRST1（又はRST2）とウエハステージWST2とを走査方向に同期走査させることにより、走査露光が行われる。このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後も連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、ウエハW2の各ショット領域にレチクルR2を使って順次走査露光を行った後、レチクルステージRST1、RST2を+Y方向に所定量移動してレチクルR1を助走開始位置に設定した後、走査露光を行う。このとき、レチクルR2とレチクルR1とは露光条件（輪帯照明、変形照明等の照明条件、及び露光量等）や透過率が異なるので、予め露光データ等に基づいて各条件の変更を行う必要がある。このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

【0125】上述した図11に示す2つのウエハステージWST1、WST2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図12に示す位置までウエハステージWST1、WST2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWST2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWST1上のウエハW1は、投影光学系PL1の下で露光シーケンスが行われる。図12に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様に、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行されることとなる。

【0126】上記のように本例では、2つのウエハステージWST1、WST2を独立して2次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハW1、W2に対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケ

ンスとを並行して行うことにより、スループットの向上を図っている。ところが、2つのウエハステージを使って2つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行われる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行われる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行われる動作が他方のウエハステージで行われる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本例では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行われるように、各動作のタイミング調整が図られる。

【0127】例えば、走査露光中は、ウエハW1とレチクルR1、R2とを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージWST1上での走査露光中は、他方のウエハステージWST2上のウエハW2で行われるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。即ち、アライメントシーケンスにおける計測は、ウエハステージWST2を静止させた状態で行われるため、走査露光にとって外乱要因とならず、走査露光中に並行してマーク計測を行うことができる。一方、アライメントシーケンスにおいても、走査露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行えることになる。

【0128】また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、走査露光前、あるいは、同期走査が等速度で行われるようになる前後の加減速時（外乱要因となる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。なお、これらのタイミング調整は、主制御装置90によって行われる。

【0129】更に、本例では、複数枚のレチクルを使って二重露光を行うことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならぬため、単一のウエハステージを用いる場合には、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下する。しかしながら、本例の2台のウエハステージを備えた投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できると共に、高解像度と焦点深度DOFの向上効果とが得られる。

【0130】なお、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。2台のウエハステージを使用することによって、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する場合に比べてほぼ倍の高スループットを得ることができる。なお、この第2の実施の形態において、第1の実施の形態のように、露光光の

状態又は結像特性を計測するための計測用ステージを更に設けるようにしてもよい。また、本例では、1次元モータの組み合わせによってウエハステージを駆動しているが、第1の実施の形態のように、平面モータによって2次元的に駆動するようにしてもよい。

【0131】本実施の形態の投影露光装置は、多数の機械部品からなるレチクルステージRST(RST1, RST2)、ウエハステージWST(WST1, WST2)を組み立てるとともに、複数のレンズから構成される投影光学系PL(PL1)の光学調整を行い、更に、10 総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより製造することができる。なお、投影露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0132】また、上記の実施の形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したが、本発明はこれに限られず、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置、プロキシミティ方式の露光装置、あるいは、X線等のEUV光を露光ビームとする露光装置や電子線(エネルギー線)を光源(エネルギー線)とする荷電粒子線露光装置であっても同様に適用することができる。また、露光装置のみならず、ウエハ等を位置決めするためのステージを使用する検査装置、又はリペア装置等に用いてもよい。

【0133】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0134】

【発明の効果】本発明の第1のステージ装置によれば、個別の機能毎、又は所定の複数の機能群毎にそれぞれ可動ステージを設けることによって、各可動ステージを小型化させて、高速にかつ高精度に駆動することができる。また、複数の可動ステージをそれぞれ第1測定系の計測範囲よりも大きい範囲で移動させることができ、更に、各可動ステージがその第1測定系の計測範囲内に入った際には、第1測定系によりその可動ステージの位置を高い再現性で高精度に計測することができる。

【0135】次に、本発明の第2のステージ装置によれば、その複数の可動ステージの位置をそれぞれ広い計測範囲で、かつ高い再現性で高精度に計測できる。また、その第1測定系の計測結果をその第2測定系の計測結果に合わせるのみでその可動ステージの位置を第1測定系により高精度に計測できるため、スループットの向上を図ることができる。

【0136】次に、本発明の第1の露光装置によれば、本発明のステージ装置を備えているため、例えば干渉計によりその可動ステージの位置を計測する場合には、移動鏡をその可動ステージの移動範囲よりも小さくすることができ、その可動ステージの重量を小さくすることができる。従って、その可動ステージを高速に移動させる

ことが容易になり、高いスループットで二重露光法等を用いて露光を行うことができ、解像度、及び焦点深度の向上を図ることができる。

【0137】次に、本発明の第2の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、そのマスクのパターンを転写する際の特性を計測するための特性計測装置は、別の第2の可動ステージに搭載されるため、そのマスクのパターンを転写する際の特性を計測することもできる。また、本発明のステージ装置を備えているため、その複数の可動ステージの位置を高精度に計測することができる。

【0138】次に、本発明の第3の露光装置によれば、例えばその複数の可動ステージの内の一方の可動ステージで露光動作を行いながら、別の可動ステージでは基板の搬入搬出及びアライメント動作を行うことができ、スループットの向上を図ることができる。次に、本発明の第4の露光装置によれば、本来の露光に使用するその第1の可動ステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1の可動ステージの小型化、軽量化を行いスループットの向上を図ることができる。一方、露光に直接必要がなく、その投影光学系の結像特性を計測するための特性計測装置は、別の第2の可動ステージに搭載されるため、結像特性も計測できる。

【0139】次に、本発明の第1の位置決め方法によれば、迅速にその複数の可動ステージの位置を高精度に計測して位置決めすることができる。同様に、本発明の第2の位置決め方法によれば、迅速にその複数の可動ステージの位置を高精度に計測して位置決めすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の投影露光装置の概略構成図である。

【図2】 図1のウエハステージWST、及び計測用ステージ14を示す平面図である。

【図3】 図1のレチクルステージRST、及び計測用ステージ5を示す平面図である。

【図4】 第1の実施の形態において、計測用ステージ14を用いて露光光の状態等を計測する場合の説明に供する平面図である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態の投影露光装置の概略構成図である。

【図6】 図5の実施の形態の2つのウエハステージWST1, WST2と、2つのレチクルステージRST1, RST2と、投影光学系PL1と、アライメント系88A, 88Bとの位置関係を示す斜視図である。

【図7】 図5のウエハステージの駆動機構の構成を示

す平面図である。

【図8】 本発明の第2の実施の形態において実施される干渉計の計測値設定を説明するための図である。

【図9】 本発明の第2の実施の形態の干渉計システムに用いられる信号処理系の一部の概略構成を示す図である。

【図10】 本発明の第2の実施の形態の干渉計システムにおける信号処理の一例を示す図である。

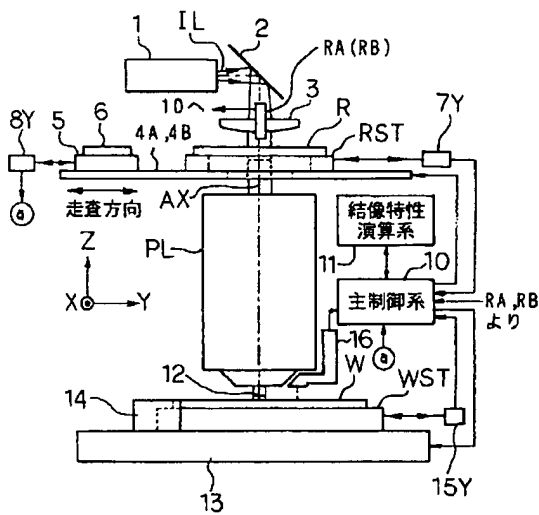
【図11】 2つのウエハステージWST1, WST2を使用してウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

【図12】 図11のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスと切り換えを行った状態を示す図である。

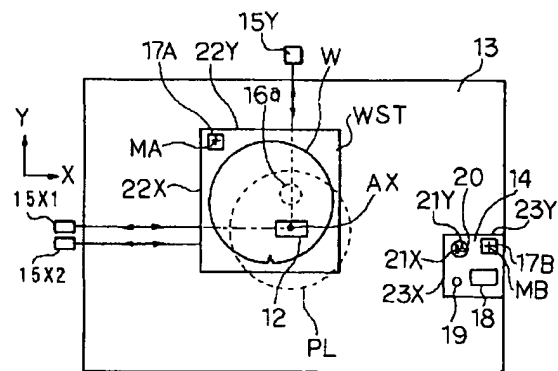
\* 【符号の説明】

MA, MB, MC1, MC2, MD1, MD2…基準マーク、R, R1, R2…レチクル、RA, RB…レチクルアライメント顕微鏡、RST, RST1, RST2…レチクルステージ、W, W1, W2…ウエハ、WST, WST1, WST2…ウエハステージ、5…計測用ステージ、7X1, 7X2, 7Y, 8Y, 15X1, 15X2, 15Y…レーザ干渉計、10…主制御系、11…結像特性演算系、13…定盤、14…計測用ステージ、16…ウエハアライメントセンサ、26…位相比較器、27…積算器、28…計算処理装置、38…ステージ制御装置、83X1~83X5, 83Y1~83Y4, 87X2, 87X5, 87Y1~87Y5…干渉計、88A, 88B…アライメント系、90…主制御装置

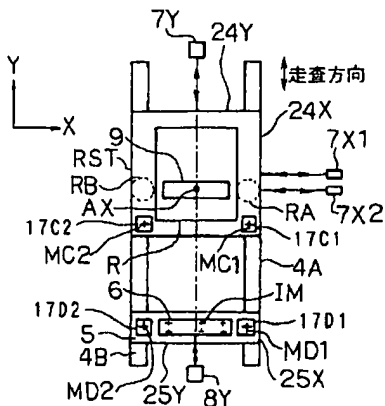
【図1】



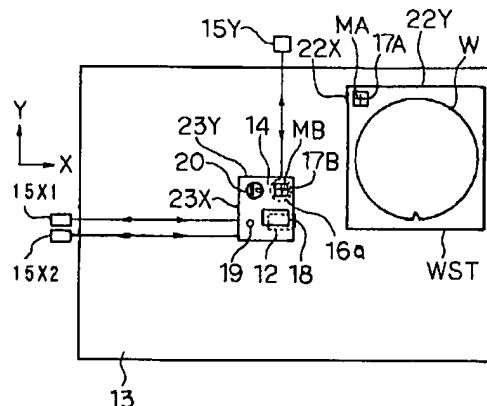
【図2】



【図3】

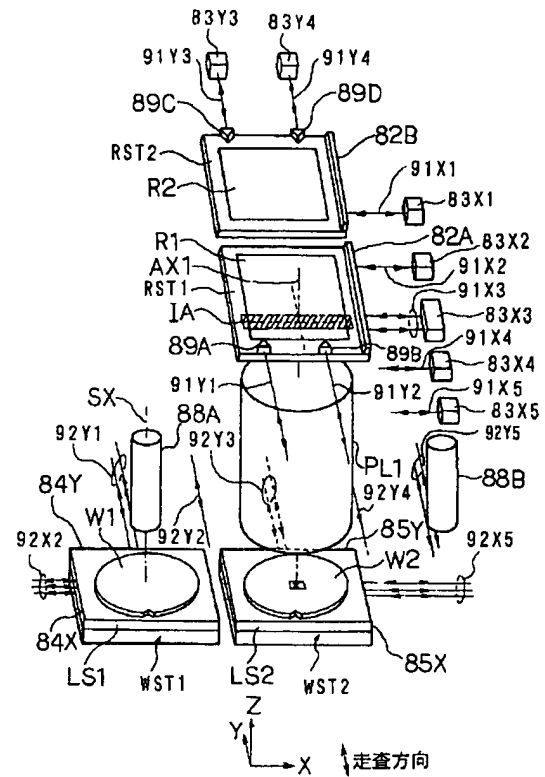


【図4】

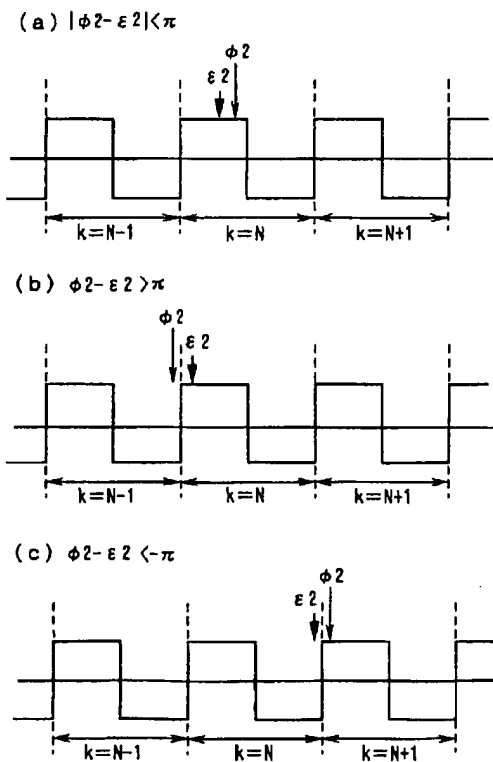




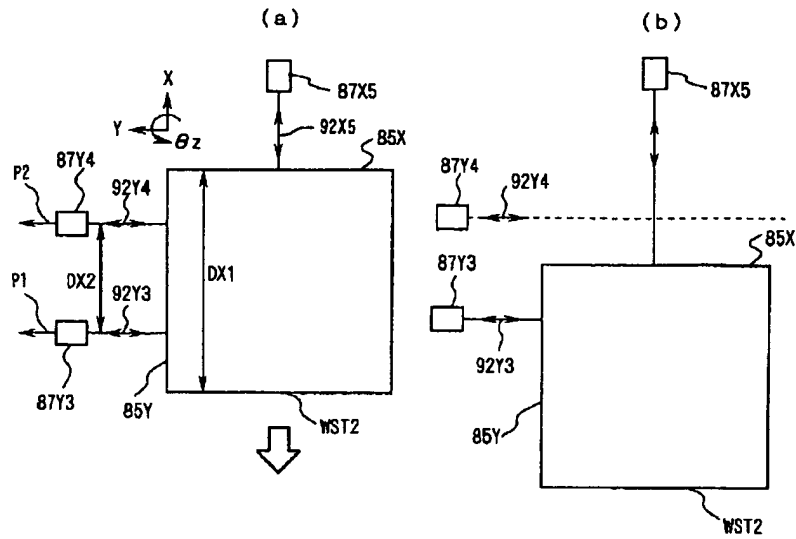
【図6】



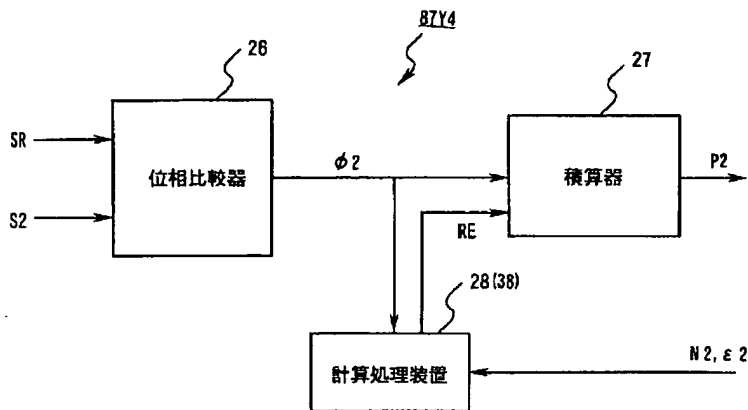
【图 10】



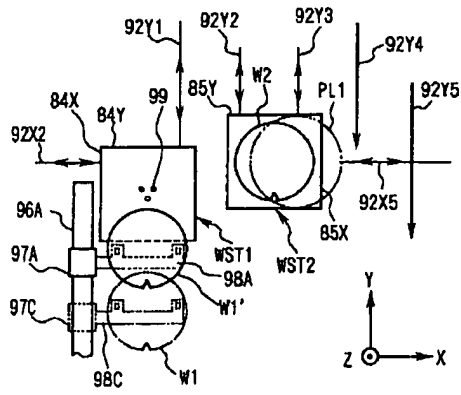
【図8】



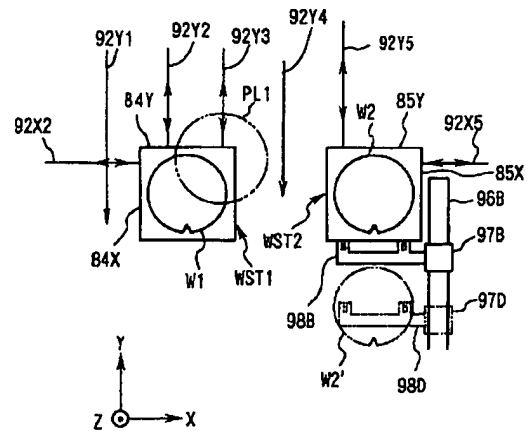
【図9】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H097 AA12 BA01 KA03 KA28 KA38  
LA10  
5F046 AA13 CC01 CC02 CC13 CC16  
CC17 DB05 DB10 DC05 DC12